

**TRABALHO FINAL DE ESPECIALIZAÇÃO**

**ESPECIALIZAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS**

**IMPACTO DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NA FORMAÇÃO  
DE ENCHENTES E ALAGAMENTOS EM BELO HORIZONTE,  
MG**

**LORRANY ANTUNES ALVES RODRIGUES**

**Montes Claros – MG**

**2020**

**Lorrany Antunes Alves Rodrigues**

**IMPACTO DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NA FORMAÇÃO DE ENCHENTES  
E ALAGAMENTOS EM BELO HORIZONTE, MG**

Trabalho Final de Especialização apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

Orientadora: Dra. Julia Ferreira da Silva

Montes Claros – MG

2020

R696i  
2020

Rodrigues, Lorrany Antunes Alves  
Impactos do processo de urbanização na formação de enchentes e alagamentos em  
Belo Horizonte, MG. / Lorrany Antunes Alves Rodrigues. Montes Claros, 2020.  
67 f.: il.

Monografia (especialização) - Área de concentração em Recursos Hídricos e  
Ambientais.

Orientador(a): Júlia Ferreira da Silva.  
Banca examinadora: Flávio Gonçalves Oliveira, Stanley Schettino, Júlia Ferreira da  
Silva.

Inclui referências: f. 56-67.

1. Inundações. 2. Canalização de concreto. 3. Aquedutos. I. Silva, Júlia Ferreira da.  
II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 628.1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
ESPECIALIZAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS

### ATA DE DEFESA DE TRABALHO FINAL DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

Aos vinte e três dias do mês de julho do ano 2020, às 09 h00min, a estudante **Lorrany Antunes Alves Rodrigues**, matrícula UFMG: 2016715221, defendeu o Trabalho Final de Curso de Especialização intitulado “Impacto do processo de urbanização na formação de enchentes e alagamentos em Belo Horizonte, MG.” tendo obtido a nota média 95 (noventa e cinco).

Participaram da banca examinadora os abaixo indicados, que, por nada mais terem a declarar, assinam eletronicamente a presente ata.

Montes Claros, 23 de julho de 2020.

**Nota:** 95 (noventa e cinco)

**Orientador(a):** Júlia Ferreira da Silva

**Nota:** 95 (noventa e cinco)

**Examinador(a):** Flávio Gonçalves Oliveira

**Nota:** 95 (noventa e cinco)

**Examinador(a):** Stanley Schettino



Documento assinado eletronicamente por **Flavio Goncalves Oliveira, Coordenador(a)**, em 23/07/2020, às 10:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Julia Ferreira da Silva, Subcoordenador(a)**, em 23/07/2020, às 10:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Stanley Schettino, Professor do Magistério Superior**, em 23/07/2020, às 10:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0189822** e o código CRC **13D544D7**.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Senhor Jesus, por me presentear com a vida e com seu amor incondicional. Ao meu filho, Oliver, por ser minha inspiração.

À Universidade Federal de Minas Gerais e ao Instituto de Ciências Agrárias pela oportunidade da realização do curso.

À minha orientadora Dra. Julia Ferreira da Silva agradeço pela orientação e por todos os ensinamentos que contribuíram para o meu crescimento acadêmico. Agradeço aos professores que compuseram a banca pelo olhar criterioso sobre o trabalho.

Obrigada!

*“O homem só é superiormente feliz quando é  
superiormente civilizado.”*  
(Eça de Queiroz)

## RESUMO

As enchentes e inundações são produtos da urbanização e mesmo em cidades planejadas como Belo Horizonte/MG, ocorrem com frequência e magnitude. A partir da análise do planejamento da construção da capital de Minas Gerais, visando entender a relação urbanística da cidade com a bacia hidrográfica e os cursos d'água, este estudo teve por objetivo investigar as ações empreendidas ao longo da formação da cidade de Belo Horizonte e sua correlação com a formação de enchentes e inundações. Por meio de uma revisão de literatura, procurou-se identificar os preceitos de concepção e implantação da capital mineira, além das ações empreendidas ao longo do tempo para a urbanização do espaço e a metropolização. Os resultados revelaram que a abundância de recursos hídricos foi decisiva na escolha do local da sede da capital, baseando-se no discurso sanitarista de eliminação dos dejetos e fácil captação de água para abastecimento. Todavia, a inadequação do plano de transformações urbanísticas, cujo traçado previam vias ortogonais, ainda que fossem necessários grandes alterações topográficas e mudanças fluviais do sítio, resultou na supressão dos cursos d'água da paisagem, urbanização de fundos de vale, construção de grandes sistemas viários e, sobretudo, na canalização dos córregos. A urbanização, portanto, ocupou o lugar do rio e pode ser considerada como responsável por causar a formação de inundações, enchentes e alagamentos na cidade.

**Palavras-chave:** Inundações. Canalizações. Rios Urbanos. Urbanismo.

## ABSTRACT

Floods and inundations are products of urbanization, and even in planned cities like Belo Horizonte / MG, they occur very often and with magnitude. From the analysis of the construction planning of the capital of Minas Gerais, aiming to understand the urbanistic relationship between the city, the hydrographic basin and watercourses, this study aimed to investigate the actions undertaken during the formation of the city of Belo Horizonte and its correlation with the formation of floods and inundations. Through a literature review, it was sought to identify the precepts of conception and implantation of the capital of Minas Gerais, in addition to the actions taken over time for the urbanization of space and metropolization. The results revealed that the abundance of water resources was decisive in the choice of the location of the capital's headquarters, based on the sanitarian discourse of eliminating waste and easy collection of water for supplying. However, the inadequacy of the urban transformation plan, in which the layout pictured orthogonal routes even though major topographic changes and fluvial changes to the site were necessary, resulted in the suppression of watercourses in the landscape, urbanization of valley bottoms, construction of large road systems and, above all, in channeling the streams. Therefore, the urbanization took the place of the river and can then be considered responsible for causing the formation of inundations, floods and flooding in the city.

**Keywords:** Inundations. Plumbing. Urban Rivers. Urbanism.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Comportamento do fluxo pluvial em áreas naturais e em áreas urbanizadas .....                                                                                                                                              | 15 |
| Figura 2 – Efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico (os percentuais se referem à parcela da precipitação que “segue” cada uma das fases do ciclo) .....                                                                        | 17 |
| Quadro 1 – Comparação entre conceito de canalização X conceito de reservação.....                                                                                                                                                     | 20 |
| Figura 3 – Mapa da localização da cidade de Belo Horizonte - MG.....                                                                                                                                                                  | 24 |
| Figura 4 – Planta Geral da Cidade de Belo Horizonte do ano de 1895, elaborada pelo engenheiro Aarão Reis.....                                                                                                                         | 26 |
| Figura 5 – Planta da parte urbana da Nova Capital de Minas Gerais (1895), à direita curso do Ribeirão Arrudas canalizado seguindo ângulos retos e traçado da cidade .....                                                             | 28 |
| Figura 6 – Bacia hidrográfica do Ribeirão Arrudas e seus afluentes no município de Belo Horizonte-MG.....                                                                                                                             | 30 |
| Quadro 2 – Comparação entre as bacias do Ribeirão Arrudas e Ribeirão do Onça no município de Belo Horizonte MG .....                                                                                                                  | 34 |
| Figura 7 – Hidrografia, bacias hidrográficas e regionais administrativas do município de Belo Horizonte - MG.....                                                                                                                     | 35 |
| Figura 8 – Relevo do município de Belo Horizonte - MG .....                                                                                                                                                                           | 36 |
| Figura 9 – Trabalhos de tubulação no Ribeirão Arrudas, em 1896.....                                                                                                                                                                   | 37 |
| Figura 10 – Mapa do Sistema Viário da rede hidrográfica de Belo Horizonte .....                                                                                                                                                       | 38 |
| Figura 11 – Trabalhos de tubulação no Ribeirão Arrudas, em 1896.....                                                                                                                                                                  | 39 |
| Figura 12 – Assentamento de manilhas de concreto para canalização do córrego da Barroca                                                                                                                                               | 40 |
| Figura 13 – Canalização concluída do Barroca e confluência com o Leitão no cruzamento entre as ruas Mato Grosso e Tupis e Avenida Bias Fortes .....                                                                                   | 40 |
| Figura 14 – Córrego do Leitão canalizado na Rua São Paulo, entre as ruas Gonçalves Dias e Alvarenga Peixoto, no ano de 1931 .....                                                                                                     | 41 |
| Figura 15 – Canalização do Córrego da Mata, afluente do Ribeirão Arrudas entre 1940 e 1942 .....                                                                                                                                      | 42 |
| Figura 16 – Barragem da represa da Pampulha com prédio do Cassino ao fundo, em 1943 ...                                                                                                                                               | 43 |
| Figura 17 – Gráfico da evolução populacional e das inundações em Belo Horizonte, MG.....                                                                                                                                              | 46 |
| Figura 18 – Córrego do Acaba Mundo em 1999, na Rua Grão Mogol, Belo Horizonte-MG..                                                                                                                                                    | 48 |
| Figura 19 – Número de registros de chamados na Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Belo Horizonte COMDEC em relação à ocorrência de Inundações e Alagamentos no Município de Belo Horizonte, entre os anos de 1995 e 2016..... | 50 |
| Figura 20 – Alagamento da Av. Tereza Cristina, próximo ao bairro Betânia e Cidade Industrial após temporal do dia 19 de janeiro de 2020.....                                                                                          | 51 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|          |   |                                                                                                        |
|----------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| APM      | – | Arquivo Público Mineiro                                                                                |
| CCNC     | – | Comissão Construtora da Nova Capital                                                                   |
| COMDEC   | – | Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Belo Horizonte                                              |
| DRENURBS | – | Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos dos Vales em Leito Natural em Belo Horizonte |
| MHAB     | – | Museu Histórico Abílio Barreto                                                                         |
| MMP      | – | Macro metrópole Paulista                                                                               |
| PBH      | – | Prefeitura de Belo Horizonte                                                                           |
| PMS      | – | Plano Municipal de Saneamento                                                                          |
| RMBH     | – | Região Metropolitana de Belo Horizonte                                                                 |
| RMSP     | – | Região Metropolitana de São Paulo                                                                      |
| SUDECAP  | – | Superintendência de desenvolvimento da Capital                                                         |

## SUMÁRIO

|          |                                                                                    |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                                            | <b>11</b> |
| <b>2</b> | <b>METODOLOGIA .....</b>                                                           | <b>13</b> |
| <b>3</b> | <b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                                                 | <b>14</b> |
| 3.1      | Impactos da urbanização sobre a bacia hidrográfica .....                           | 14        |
| 3.2      | Drenagem urbana.....                                                               | 18        |
| 3.3      | As inundações urbanas .....                                                        | 21        |
| 3.4      | O crescimento urbano da cidade de Belo Horizonte .....                             | 23        |
| 3.4.1    | Plano urbanístico de Belo Horizonte e sua relação com os cursos d'água.....        | 25        |
| 3.4.2    | As bacias hidrográficas do Ribeirão Arrudas e Ribeirão do Onça.....                | 33        |
| 3.4.3    | Processo de canalização de cursos d'água em Belo Horizonte .....                   | 36        |
| 3.4.4    | Estudos de inundações, enchentes, alagamentos e enxurradas em Belo Horizonte ..... | 45        |
| 3.5      | Medidas de Amortecimento de inundações.....                                        | 51        |
| <b>4</b> | <b>CONCLUSÃO .....</b>                                                             | <b>55</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                           | <b>56</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A escolha da localização do município de Belo Horizonte considerou a abundância de recursos hídricos para abastecimento da população e para o saneamento básico, temas tão abordados e de enfoque no fim do século XIX época de implantação da nova capital de Minas, mas desconsiderou as questões ambientais e sociais. Os projetos propostos por Aarão Reis e equipe previam a ocupação de cabeceiras de cursos d'água, bem como a modificação do traçado natural dos cursos d'água que atravessavam a zona planejada, a supressão da mata ciliar e as alterações na topografia.

Idealizar uma nova capital para o estado de Minas Gerais foi um grande marco para os mineiros, contudo, eles foram também as maiores vítimas do processo de formação da cidade. A especulação imobiliária se encarregou de tornar os loteamentos na zona planejada muito onerosos e restritos à parcela da população mais abastada, restando àquela de menor poder aquisitivo ocupar áreas marginais desprovidas de infraestrutura.

Essa parcela da população desencadeou na cidade o início dos problemas com habitação tão recorrentes ainda, que culminaram na ocupação das margens dos córregos, na supressão de nascentes, nos assentamentos em barrancos e encostas, uma vez que a administração da cidade que não planejou as zonas de habitação social na fase de construção.

Ascher (2010) afirma que as cidades brasileiras não previram a localização do mais pobre, que informalmente ocuparam áreas de risco, de proteção ambiental, de preços fundiários depreciados, com a anuência velada das autoridades governamentais, “fenômeno que produziu um espaço urbano que parece não obedecer a regras claras”.

A falta de infraestrutura básica tornou os córregos e ribeirões de Belo Horizonte vilões da população vulnerável, pois na ocorrência de precipitações a elevação do nível das águas pela cheia promoveu perdas humanas, materiais e um problema de saúde pública através da transmissão de doenças de veiculação hídrica, causada pela presença de esgotos e detritos nas águas.

A canalização dos cursos d'água foi adotada como medida para solucionar os problemas sanitários, e com enchentes e inundações, ao longo das décadas em Belo Horizonte. A prática desse método construtivo hidráulico teve início logo na fase de implantação da cidade, inclusive fazia parte dos projetos de construção e foi sendo adotado à medida em que a cidade crescia e surgiam os problemas com o enfrentamento das cheias e com as moléstias causadas por essas.

As obras de infraestrutura, portanto, foram empregadas de acordo com os preceitos sanitaristas europeus, cujo afastamento das águas poluídas de dentro da cidade era prioridade. Essas medidas estruturais de aumento de velocidade hidráulica dos canais seguida de tamponamento dos córregos, foi favorecida pela possibilidade de construção de grandes avenidas sob os mesmos, além de permitir expansão de loteamentos e urbanização nos fundos de vale.

Porém, os problemas enfrentados no que se refere à micro e macrodrenagem geram nas comunidades urbanas o desejo de canalizar os córregos, aspiração legítima, porém equivocada (PMS, 2016).

Segundo Santos (2011), a interferência do homem no meio ambiente próximo de cursos de águas ressignifica a cheia que, de fenômeno geofísico e natural, transforma-se em enchente e inundação, passando a ser construção histórica e social.

De acordo com Vallejo (2011) as intervenções estruturais nos sistemas fluviais, caracterizados por canalização de córregos, reservatórios de detenção, represamentos, estruturas hidráulicas (micro e macrodrenagem), sistemas viários, impermeabilização das superfícies, aterros, dentre outros, geram perturbações e modificam o comportamento dos processos da dinâmica natural, do regime hidrológico, criando novas “ameaças antropogênicas”, que se agravam quando ocorrem eventos extremos.

Considerando a importância de compreender o problema de inundações urbanas recorrentes na capital mineira, visando entender a relação urbanística da cidade com a bacia hidrográfica e os cursos d'água, este estudo teve por objetivo investigar as ações empreendidas ao longo da formação da cidade de Belo Horizonte e sua correlação com a formação de enchentes e inundações.

## **2 METODOLOGIA**

O trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisa exploratória em artigos, livros, dissertações e teses, além da observação e análise dos dados obtidos nos estudos pesquisados.

Foram utilizadas, também, informações públicas, pelo acesso aos portais eletrônicos do Arquivo Público de Minas Gerais (APM), do Acervo Público da Cidade de Belo Horizonte, do Acervo da Comissão Construtora da Nova Capital de Minas e do Acervo do Museu Histórico Abílio Barreto (MHAB).

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Impactos da urbanização sobre a bacia hidrográfica

Segundo Tucci (2002) as bacias hidrográficas são áreas de captação natural da água da precipitação que fazem convergir os escoamentos para um único ponto de saída, tendo como papel principal distribuir a água precipitada de forma lenta e concentrada, no tempo e no espaço.

Uma bacia urbanizada pode apresentar de 5 a 20 vezes menor tempo de resposta hidrológica em comparação à bacia natural (SANTOS, *et al.* 2007). Nas áreas urbanizadas, de acordo com Dunne e Leopold (1978, citados por MACEDO, 2009) ocorre o processo de rápido escoamento superficial em fluxo concentrado e com alta carga de poluentes, visto não haver boas condições de permeabilidade no solo. Essas condições de superfície proporcionam picos de cheia bem superiores ao estado natural.

Barros (2005) afirma que o aumento gradativo do volume de escoamento superficial para o mesmo índice de precipitações, torna o sistema de drenagem obsoleto e incapaz de escoar as chuvas para as quais foi projetado. Esse aumento do escoamento superficial decorre do processo de urbanização, sem planejamento e indisciplinado, gerando altos níveis de impermeabilização do solo da bacia.

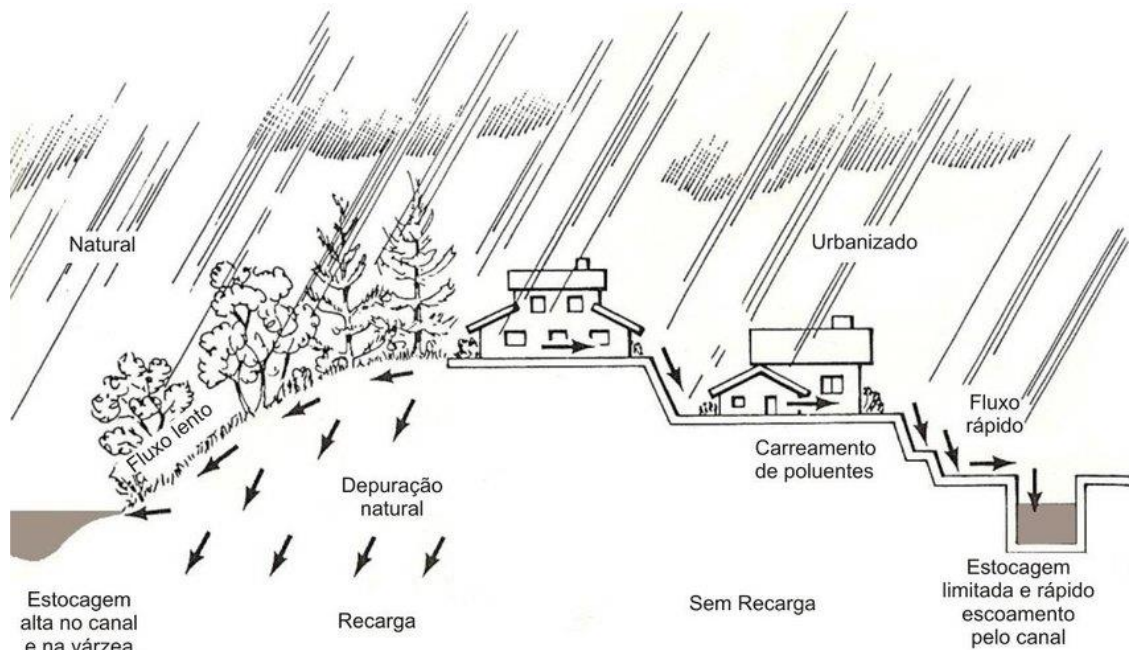
O autor acrescenta ainda que a urbanização gera o crescimento do volume de sedimentos nos canais de drenagem, lançamento de resíduos sólidos e lixo nos córregos e galerias, ocupações irregulares de áreas de várzea e definição imprópria da área de abrangência de projetos de drenagem, muitas vezes transferindo inundações de uma área para outra, dentre outros aspectos.

Para exemplificar, observa-se na Figura 1 o comportamento do fluxo pluvial em duas situações: nas áreas naturais e nas áreas urbanizadas.

Nas áreas naturais o fluxo hidráulico pluvial percorre lentamente pelas vertentes. Parte do fluxo de água se infiltra no solo, movimentando-se através dos vazios existentes, por percolação e, eventualmente, atinge uma zona totalmente saturada, formando o lençol subterrâneo (recarga) (PINTO, 1976).

Nas áreas urbanizadas, por sua vez o processo de infiltração é comprometido pela impermeabilização e surgem as enchentes que se diferenciam das cheias, pois estas são fenômenos geofísicos, naturais, enquanto as inundações ou enchentes são resultados da interferência do homem sobre o meio e, por isso, socialmente produzidas (SEABRA, 1987).

Figura 1 – Comportamento do fluxo pluvial em áreas naturais e em áreas urbanizadas



Fonte: Dunne & Leopold, 1978

Fonte: Adaptado de DUNNE; LEOPOLD, 1978 citados por MACEDO, 2009.

Em geral, os impactos da urbanização atuam de forma a agravar as inundações urbanas, em sua maioria elevando o nível de cheia e a vazão de pico dos rios ou reduzindo a capacidade de transporte na calha dos rios e prejudicando as águas pluviais através do assoreamento, seja por sedimentos ou lixo.

O amortecimento destes efeitos desencadeados pela urbanização perpassa uma visão integrada do problema, pois os impactos da urbanização são muitas vezes transferidos para jusante (THORNE *et al.*, 1997; TUCCI, 2002; BRAGA; CARVALHO, 2003; REBOUÇAS *et al.*, 2006);

Segundo Canholi (2005) a predominância da ocupação urbana nas metrópoles do Brasil ocorreu a partir das zonas mais baixas, próximas às várzeas dos rios ou à beira-mar, face à necessária interação da população com o corpo hídrico, como por exemplo, a agricultura, o artesanato, a pesca, a navegação, etc.

Observa-se então que as várzeas dos rios foram incorporadas ao sistema viário das cidades e, com isso, durante o período chuvoso, os rios passaram a ocupar áreas maiores,



procurando sair do seu leito menor, gerando as chamadas planícies de inundação (BARROS, 2005).

A maioria das cidades brasileiras sofre com as inundações urbanas, decorrentes de diversos fatores associados a ocupação desordenada das bacias hidrográficas, tais como: as frequentes enchentes nas bacias hidrográficas sul-rio-grandenses no estado do Rio Grande do Sul (WOLLMANN, 2014); as enchentes entre rios, em Teresina, PI (RODRIGUES NETO e LIMA, 2018); nas margens de igarapés, em Belém e Manaus (CRUZ, 2012); e as grandes enchentes após chuvas torrenciais no Rio de Janeiro, RJ (AMORIM; QUELHAS; MOTTA, 2014); em São Paulo, SP (SANTOS, 2011) e em Belo Horizonte, MG (BAPTISTA *et al*, 1998).

A construção das enchentes na cidade de São Paulo, de acordo com Santos (2011) são decorrentes dos interesses econômicos na ocupação do espaço, dos conflitos e intervenções sobre o tecido urbano e sobre os cursos d'água, da falta de planejamento e da impermeabilização do solo.

Em Belo Horizonte, Baptista *et al.*, (1998) investigaram a evolução dos problemas de inundação no período de 1928 a 1997, em arquivos do Jornal Estado de Minas e na Superintendência de Desenvolvimento da Capital (SUDECAP) e constataram que a origem dos problemas certamente encontra explicação nas opções relativas às técnicas adotadas em relação à hidrografia durante a concepção da cidade.

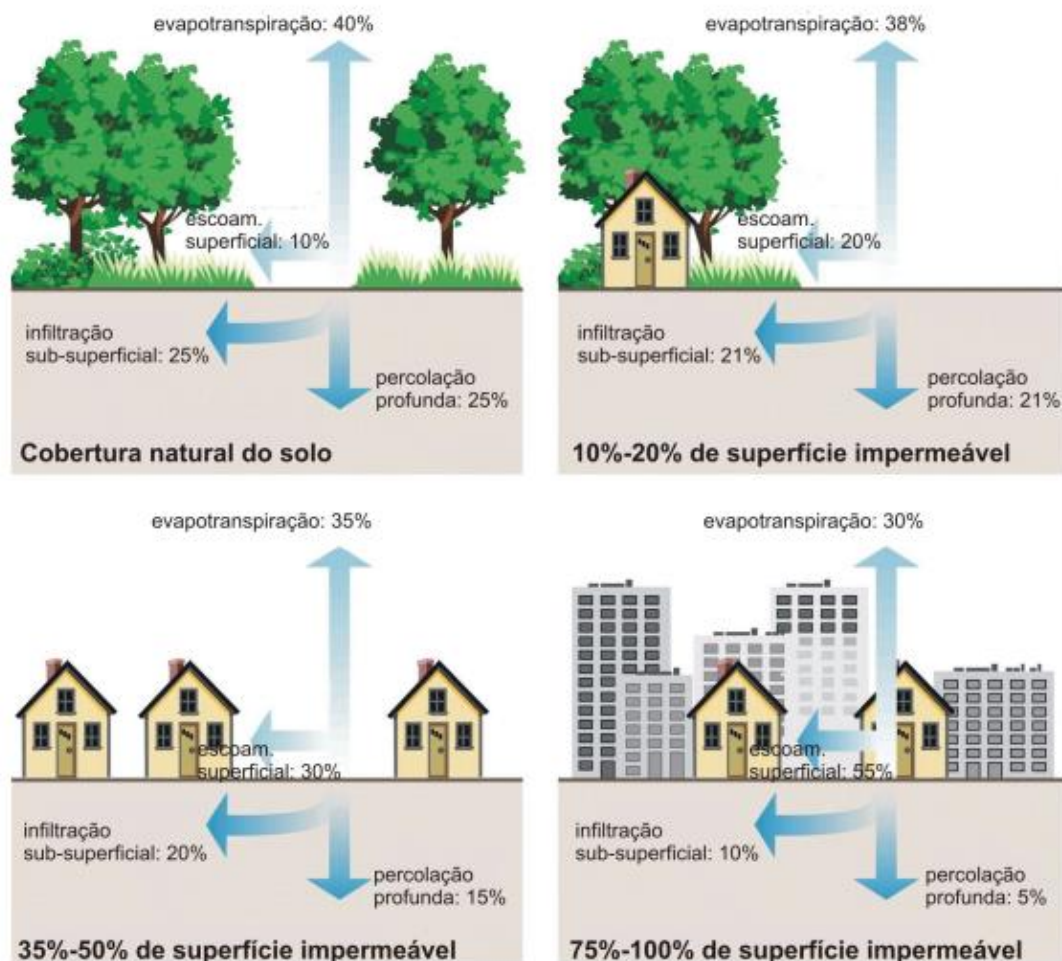
Dessa forma, pode-se dizer que grande parte das inundações urbanas podem ser provenientes da ocupação do homem das áreas naturais de cheia, associadas à impermeabilização do solo, além das intervenções nos cursos d'água por meio de canalizações e retificações em meios urbanizados.

Tucci (2005) cita que à medida que a cidade se urbaniza, em geral, ocorrem os seguintes impactos: a) aumento das vazões máximas, em até sete vezes, como também aumento da frequência delas, devido ao aumento da capacidade de escoamento por meio de condutos e canais e impermeabilização de superfícies; b) aumento da produção de sedimentos em função da falta de proteção do solo; c) deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea e; d) implantação de infraestrutura urbana sem planejamento, como por exemplo, redução da seção de escoamento por aterros de pontes e avenidas.

A crescente impermeabilização dos solos de uma bacia hidrográfica gera alterações no balanço de infiltração e escoamento, aumentando o fluxo de água superficial que se direciona aos rios (CAJAZEIRO, 2012), conforme mostrado na Figura 2. Observa-se que, após a retirada entre 75 a 100 % da cobertura vegetal para urbanização, o escoamento

superficial chega a 55%, o que gera maior propensão a inundações, enquanto o escoamento superficial poderia ser de 10 %, caso a superfície impermeabilizada fosse entre 0 e 10 %.

Figura 2 – Efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico (os percentuais se referem à parcela da precipitação que “segue” cada uma das fases do ciclo)



Fonte: Adaptado de EPA, 1998.

A supressão da cobertura vegetal, comum em áreas urbanas, é um fator relevante na análise das inundações, visto que a presença de vegetação auxilia na retenção de água no solo e diminui a velocidade do escoamento superficial (REIS, 2011).

Phillipi e Malheiros (2005) afirmam que as impermeabilizações excessivas do solo, como consequência da implantação de vias de circulação com asfalto, piso impermeável nos quintais das residências e indústrias, baixo índice de áreas verdes urbanas e construção de casas nas várzeas dos cursos d'água aumentam a ocorrência de pontos de enchentes e de alagamentos, como reflexo negativo nas atividades urbanas em problemas de saúde pública.

### 3.2 Drenagem urbana

A drenagem urbana pode ser entendida como o conjunto de medidas que tenha por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma mais harmônica, articulada e sustentável (TUCCI, 2002).

“Em um planejamento consistente de ações de melhoria e controle dos sistemas de drenagem urbana, deve estar previsto uma combinação adequada de recursos humanos e materiais e um balanceamento harmonioso entre medidas estruturais e não estruturais” (CANHOLI, 2005).

De acordo com Barros (2005) as medidas estruturais correspondem às obras hidráulicas necessárias para proporcionar a boa drenagem do escoamento superficial, enquanto as não-estruturais correspondem a uma série de propostas, voltadas a minimização dos efeitos das chuvas intensas na área urbana, que não implicam em grandes obras de engenharia.

Caputo, Moura e Nascimento (2012), afirmam que o crescimento urbano gerou impactos que foram solucionadas com o aumento da condutibilidade hidráulica dos canais fluviais, isto é, a rápida transferência das águas pluviais para jusante com a contribuição dos dispositivos de micro drenagem (sarjetas, bocas-de-lobo e redes) e macrodrenagem (galerias e canais). Segundo os autores esses sistemas não têm a preocupação com a transferência do risco de inundação para outras áreas, além de alterarem significativamente as calhas fluviais, sem considerar a interferência na qualidade da água e do ecossistema.

Neste contexto, as medidas estruturais adotadas foram influenciadas pelo movimento higienista, que incita às canalizações à expulsão da imundice, além da redefinição radial do uso da água como elemento promotor da limpeza que explicará o surgimento das redes de saneamento a partir do século XIX (ANDRADE, 1996).

De acordo com Yassuda (1964), as ações, então empreendidas no sentido de se promoverem medidas sanitárias no Brasil, foram realizadas a partir dessas tecnologias empregadas no mundo ocidental, principalmente na Inglaterra e França. Contudo, as medidas estruturais propõem ações estratégicas que muitas vezes têm uma visão restrita do problema, já que se concentram em remediar o problema localmente enquanto o transfere à jusante.

Conforme TUCCI (2002), as medidas estruturais intensivas agem diretamente sobre a calha do rio tentando solucionar o problema de inundação localmente, podendo ser classificadas em três tipos de ações de tentativa de controle de vazão:

1. Aceleração do escoamento: dentre eles se destacam a construção de diques e polders, canalização de córregos, corte de meandros, entre outros, sempre gerando uma drenagem, mas rápida das águas pelo rio. 2. Retardamento do escoamento: compreende as obras de engenharia que buscam reter parte das águas pluviais ou fluviais de forma a reduzir as vazões na calha do rio a jusante. Abarcam os reservatórios e as bacias de amortecimento. 3. Desvio do escoamento: abarca as obras de desvio de parte da vazão do rio sendo os canais de desvio o exemplo mais marcante (TUCCI, 2002, p. 627-628).

O conceito de canalização definido por Waslesh (1989), refere-se à prática da canalização convencional exercida por décadas no mundo todo e, particularmente no Brasil, voltada à implantação de galerias e canais de concreto, ao tamponamento dos córregos, à retificação de traçados, ao aumento de declividades de fundo e demais intervenções, que visavam, prioritariamente, promover o afastamento rápido dos escoamentos e o aproveitamento dos fundos de vale como vias de tráfego, tanto laterais aos canais, como sobre eles.

Por consequência, com as canalizações, há transferência da inundação de um trecho à montante para outro trecho à jusante, criando novo local de inundação (VERSTAPPEN, 1983; THORNE *et al.*, 1997). Então, à medida que a bacia se desenvolve, os picos de vazão afluentes às canalizações nas porções jusantes crescem e a solução para compatibilizar as capacidades torna-se difícil ou mesmo inviável, muitas vezes pela própria urbanização já consolidada nas áreas mais baixas (CANHOLI, 20105).

Por outro lado, as medidas não convencionais em drenagem urbana podem oferecer soluções que diferem do conceito tradicional das canalizações, conforme comparação entre os conceitos de “canalização” e de “reservação” mostrada no Quadro 1.

Os sistemas de drenagem pluvial das cidades representam outro contribuinte para as inundações urbanas conforme mencionado por Ashley (2003 apud CAJAZEIRO, 2015), sendo os principais pontos de estrangulamento no manejo de inundações ou enchentes urbanas, uma vez que são subdimensionados e ainda sofrem com problemas de deterioração de sua capacidade, devido ao acúmulo de lixo.

Em Belo Horizonte, por exemplo, segundo o Plano Municipal de Saneamento (PSM) 2016/2019 a ausência de infraestrutura de saneamento básico agrava a situação da drenagem pela poluição dos corpos receptores por esgotos e lixo. Esta situação é ainda mais grave em áreas periféricas do município, incluindo as áreas conurbadas das bacias em Contagem e Sabará. As ações de drenagem, por sua vez, foram quase sempre executadas com

vistas a solucionar problemas de enchentes localizadas ou a viabilizar outras metas de intervenção como a implantação de avenidas sanitárias (PMS, 2016).

Quadro 1 – Comparação entre conceito de canalização X conceito de reservação

| <b>CARACTERÍSTICA</b>                        | <b>CANALIZAÇÃO</b>                                                                                                                              | <b>RESERVAÇÃO</b>                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Função                                       | Remoção rápida do escoamento                                                                                                                    | Contenção temporária para subsequente liberação                                                                                                          |
| Componentes principais                       | Canais abertos/galerias                                                                                                                         | Reservação a superfície livre<br>Reservatórios subterrâneos<br>Retenção subsuperficial                                                                   |
| Aplicabilidade                               | Instalação em áreas novas<br>Construção por fases<br>Ampliação da capacidade pode se tornar difícil (centros urbanos)                           | Áreas novas (em implantação)<br>Construção por fases<br>Áreas existentes (à superfície ou subterrânea)                                                   |
| Impactos nos trechos de Jusante (quantidade) | Aumenta significativamente os picos das enchentes em relação à condição anterior<br>Maiores obras nos sistemas a Jusante                        | Áreas novas: podem ser dimensionadas para impacto zero<br>Reabilitação de sistemas: podem tornar vazões a jusante compatíveis com capacidade disponível. |
| Impactos 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 em suspensão, pelo processo natural de decantação.    |
| Manutenção/operação                          | Manutenção em geral pouco frequente (pode ocorrer excesso de assoreamento e de lixo)<br>Manutenção nas galerias é difícil (condições de acesso) | Necessária limpeza periódica<br>Necessária fiscalização<br>Sistemas de bombeamento requerem operação/manutenção<br>Desinfecção eventual (insetos)        |
| Estudos hidrológicos/hidráulicos             | Requer definição dos picos de enchentes                                                                                                         | Requer definição dos hidrogramas (volumes de enchentes).                                                                                                 |

Fonte: CANHOLI, 2005, p. 32.

A medida estrutural mais polêmica para minimizar efeitos de inundações nas cidades e também mais utilizada na realidade brasileira é a canalização de cursos d'água (CAVALCANTE, 2011). Entretanto, os efeitos da canalização promovem a transferência das reações hidrológicas para os trechos a jusante, além dos efeitos negativos na bacia

hidrográfica. Podem causar tragédias para a população e danos extensamente onerosos ao estado para reparação das cidades.

Tucci (2005) sustenta que a forma atual de gerenciamento dessas questões não incentiva a prevenção, já que à medida que ocorre a inundação, o município declara calamidade pública e recebe recursos a fundo perdido. Segundo o autor, a maioria das soluções sustentáveis passa por medidas não-estruturais (reservação), que envolvem restrições à população e que, dificilmente um prefeito buscará esse tipo de alternativa, uma vez que a população geralmente espera por obras e não por interferência nos seus interesses, como proprietários de áreas de risco.

Portanto, o planejamento de drenagem além de medidas estruturais, requer também uma integração com os demais planos urbanísticos das cidades, além do saneamento, ocupação do solo e prevenção voltados para a educação da população.

### **3.3 As inundações urbanas**

As inundações (cheias) são fenômenos naturais e, de acordo com Amaral e Ribeiro (2009), têm sua magnitude e frequência reguladas pelas características de quantidade, intensidade e distribuição da precipitação, pelas características de infiltração da água no solo e pelo seu grau de saturação, além de características morfométricas da bacia hidrográfica.

Ocorrem quando, em longos períodos de chuvas contínuas, o leito dos rios se eleva de forma lenta e previsível, mantendo-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam gradualmente em sua condição natural (IBGE, 2013). No entanto, essas características podem (e são) alteradas pelo homem (CARVALHO *et al.*, 2007).

As enchentes e inundações são estatisticamente os desastres antrópicos mais frequentes, respondendo por um terço do total de desastres entre 1980 e 1990, no mundo (NOJI, 2000 citados por PHILLIPI; SALLES; SILVEIRA, 2005).

Em áreas urbanas ocorrem as chamadas inundações urbanas, que são provocadas fundamentalmente pelo excesso de escoamento superficial, chamado de chuva excedente ou de chuva efetiva, gerado pelo aumento dos índices de impermeabilização do solo e, por conseguinte, da diminuição dos processos de infiltração e retenção da água (BARROS, 2005). Esse excesso de escoamento superficial ocorre em virtude das modificações antrópicas, que alteram o processo natural hidrológico de infiltração.

Tais interferências resultam, conseqüentemente, em mudanças no ciclo hidrológico e, de acordo com Braga (1994 citado por CANHOLI, 2005), a maioria dos países

em desenvolvimento, incluindo o Brasil, experimentou nas últimas décadas problemas com inundações e enchentes, devido à expansão urbana com precária infraestrutura de drenagem.

No Brasil, a drenagem comprometida por ocupação irregular e desordenada em Teresina, no Piauí, gerou inundações atingindo uma parte da população que vive às margens dos cursos d'água, e que não tem à sua disposição os equipamentos de infraestrutura necessários para a melhoria das condições urbano-habitacionais (água, esgoto, coleta regular de resíduos) (TERESINA, 2007).

O Rio de Janeiro é um dos estados mais afetados por inundações, enxurradas, enchentes e alagamentos, o aumento das ocorrências se dá em sua maioria devido à ocupação inadequada de áreas de risco geológico, assentamentos precários e ausência de infraestrutura urbana ligada à falta de um sistema de drenagem, agregada ao lixo nas encostas e à fragilidade das construções (AMORIM; QUELHAS; MOTTA, 2014).

“É complexo entender a memória das enchentes no Rio de Janeiro, tendo em vista a expansão histórica da cidade – primeiro morro abaixo, depois baía adentro e finalmente morro acima” (MAIA; SERDEZ, 2011).

Em Vitória da Conquista, Bahia, de acordo com Castro, Nascimento e Torres (2015), a impermeabilização do solo e a rede de drenagem, incapaz de suportar a quantidade de água escoada na cidade após precipitações com maior intensidade, provocam inundações e trazem como pontos mais críticos principalmente as regiões centrais e que abrangem a maioria das lojas e o centro comercial da cidade.

Noji (2000) mostra que um mesmo tipo de desastre, quando comparado entre populações de países desenvolvidos e em desenvolvimento, apresenta uma relação de uma pessoa atingida nos países desenvolvidos, para seis, no caso dos países em desenvolvimento.

Phillipi, Salles e Silveira (2005) afirmam que o fenômeno da urbanização tem um efeito potencializador sobre os desastres, visto que o movimento de migração cresceu nas últimas décadas em muitas cidades de países em desenvolvimento. O que se verifica é que as cidades não conseguem prover os serviços públicos necessários para toda a massa de migrantes recém-chegada (WRI, 1997 citado por PHILLIPI; SALLES; SILVEIRA, 2005).

De acordo com o IBGE (2013) “o processo de desenvolvimento da sociedade e o crescimento das cidades com concentração da população no meio urbano, tem aumentado as tensões e o desequilíbrio ambiental com graves consequências para o bem-estar humano”.

Para Lucas *et al.*, (2015) as principais consequências das inundações das cidades são os danos materiais (perda de bens e patrimônio levados pelas enchentes e enxurradas), os problemas sanitários (contágio de doenças transmissíveis pela água) e a perda de vidas.

No Brasil, o Sistema de Informações sobre Desastres identificou, no período de 1º de janeiro de 2000 a 31 de julho de 2017, 6.164 situações de emergência (ocorrência de enchentes) em 2.872 municípios (51,5% dos municípios brasileiros), sendo 171 municípios na região Norte, 846 na região Nordeste, 757 na região Sudeste, 914 na região Sul e 184 na região Centro-Oeste (BRASIL, 2018).

Os processos de urbanização das bacias e cursos d'água podem ser considerados agravantes para a ocorrência de inundações, enxurradas e alagamentos. Ainda que a elevação do nível de água em cursos d'água seja um fenômeno natural comum, seus efeitos, ao longo de áreas urbanizadas, podem ser catastróficos.

### **3.4 O crescimento urbano da cidade de Belo Horizonte**

Belo Horizonte é o município mais populoso do estado de Minas Gerais e o sexto do país, possui população estimada de 2.512.070 habitantes para o ano de 2019, densidade demográfica de 7,167 hab/km<sup>2</sup>, e polariza a terceira maior região metropolitana do Brasil, de acordo com levantamento do IBGE (2019).

Belo Horizonte foi uma cidade projetada no final do século XIX para ser a capital do estado de Minas Gerais, na época de início do período republicano brasileiro e os conceitos utilizados para o projeto e implantação da nova cidade foram influenciados pelo período histórico (LIMA, 2016).

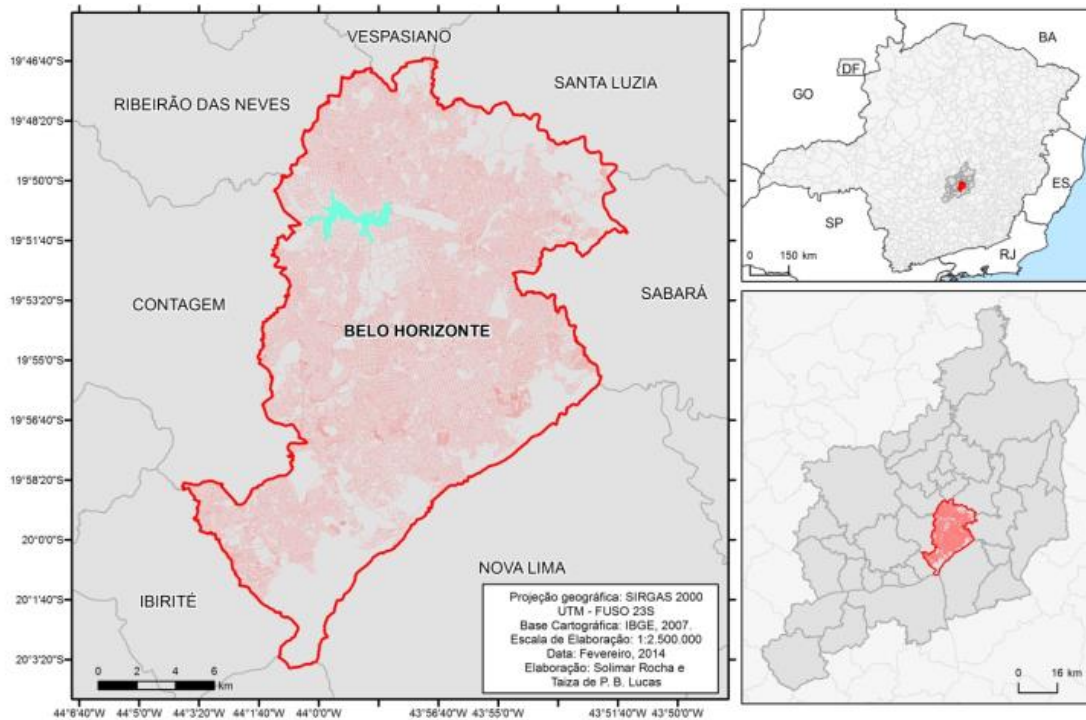
Aprovada no ano de 1893 pelo Congresso Mineiro, a transferência da capital de Minas Gerais trazia consigo a proposta do apagamento do passado colonial e imperial, tão presente na antiga sede Ouro Preto, pela edificação de uma cidade republicana e moderna (ARAÚJO; COSTA, 2019).

Dessa forma, a cidade planejada para ser a capital de Minas Gerais no final do século XIX, pela Comissão Construtora da Nova Capital (CCNC), teve sua localização criteriosamente escolhida, considerando inicialmente as facilidades de abastecimento de água e saneamento básico (FJP, 1997).

A cidade é delimitada pelas coordenadas de 19°46'35" e 20°03'35" de latitude Sul e 43°51'27" e 44°03'47" de longitude Oeste. Limita-se ao sul com o município de Brumadinho, ao sudeste com Nova Lima, a leste com Sabará, a nordeste com Santa Luzia, ao norte com Vespasiano, a noroeste com Ribeirão das Neves, a oeste com Contagem e a sudoeste com Ibitaré, acrescidos de mais 25 municípios formando a Região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), representada na Figura 3, (IBGE, 2007).



Figura 3 – Mapa da localização da cidade de Belo Horizonte - MG



Fonte: LUCAS *et al.*, 2011.

A Planta Geral da Nova Capital tinha algumas características principais, das quais se destacavam a divisão da cidade em três zonas, distintas em termos de função e de planejamento – zona urbana interna à Avenida do Contorno, que apresentava os preceitos basilares do urbanismo da época, zona suburbana, mais barata e com planejamento vago e insuficiente e zona rural, destinada a abastecer a capital de alimentos (COPASA, FJP, IEPHA, 1996).

Da criação da cidade em 1897, até a década de 1950, é colocado em prática na capital mineira o primeiro código de posturas de BH, datado de 1898. Dentre outros aspectos a cidade deveria ser ocupada partindo da área central zona planejada, mas as próprias exigências e altos preços dos terrenos levaram a população a ocupar primeiro as zonas suburbanas (GIACOMINI, 2005).

Marques e Monte-Mor (1994), afirmam que a ocupação formal de Belo Horizonte começou pelos topos e linhas de meia encosta, restando à população menos favorecida ocupar os vales, considerados insalubres. Para Silva (2013) as favelas sempre se formaram nas áreas menosprezadas pela totalidade social.

Costa (1994) afirma que surgiram as favelas e sobrados neoclássicos, edifícios públicos monumentais e casario do funcionalismo, ruelas e grandes avenidas, subúrbio e centro, todos simultaneamente nessa cidade de contrastes, planejada para ser modelo.

Todavia, a cidade ainda que inicialmente planejada, após sua inserção nas dinâmicas socioespaciais de Minas Gerais e do país, passa a apresentar seu movimento próprio, no qual a atuação controlada do Estado continua a ter importância, mas não age sozinha (MELO, 2019).

As zonas rurais destinadas a atividade agrícola no projeto inicial da cidade, tornaram-se áreas de intensa urbanização ao longo da história da capital, e logo foram incorporadas à zona suburbana formando distintos bairros (COPASA, FJP, IEPHA, 1996).

### **3.4.1 Plano urbanístico de Belo Horizonte e sua relação com os cursos d'água**

A inauguração de Belo Horizonte ocorreu no ano de 1897, com grande destaque para o seu plano urbanístico proposto pelo engenheiro Aarão Reis e equipe, cuja concepção higienizada, previa intervenções no espaço urbano, especialmente nos cursos d'água (RESENDE, 2008).

Decorrente do movimento higienista surgido na Europa do século XIX, que preconizava como medida de saúde pública a eliminação sistemática das águas paradas ou empoçadas nas cidades assim como dos dejetos domésticos jogados nas vias públicas. Surge o conceito de evacuação rápida para longe, por meio de canalização subterrânea, de toda a água circulante na cidade, passível de ser infectada ou contaminada por dejetos humanos ou animais (SILVEIRA, 1998, p.3).

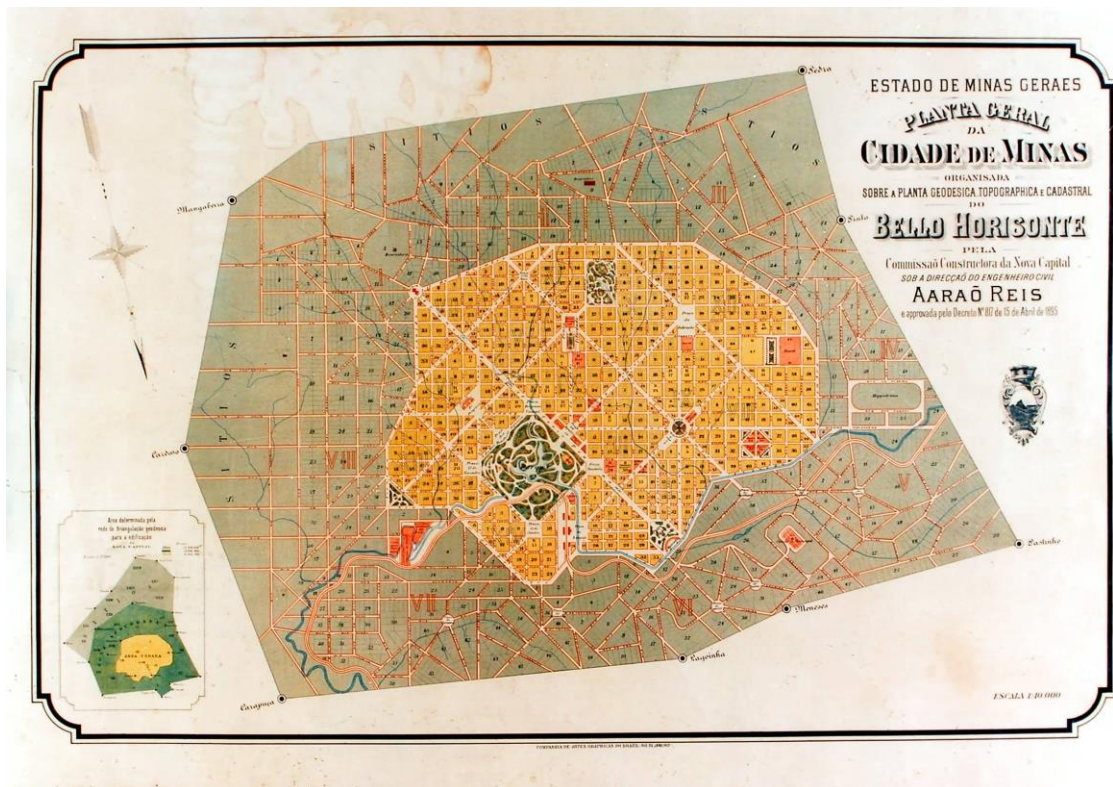
O uso e a força simbólica do discurso legal científico do sanitário no final do século XIX e início do século XX, combinado com o embelezamento da cidade, fundamentou e justificou reformas urbanas no Rio de Janeiro e São Paulo, além de Belo Horizonte (RODRIGUES NETO; LIMA, 2018).

Segundo Santos, Cavassan e Battistelle (2010), a necessidade de planos urbanísticos se tornou cada vez mais urgente em função do estado precário em que se encontravam as cidades no final do século XIX. Não somente pelas questões estéticas, mas também pelas questões de higiene e saúde pública, inúmeras reformas e planos urbanos foram desenvolvidos e colocados em prática, como pode ser visto em Londres, Viena, Barcelona, Washington, dentre outras.

Halbwachs (1920 citado por PERDIGÃO, 2019), afirma que em Paris foi designada uma Comissão temporária de artistas (engenheiros e arquitetos) que elaborou um plano de transformações urbanísticas entre 1784 e 1789, cujo objetivo era traçar vias, avenidas e bulevares. Porém, mais do que facilitar as comunicações por vias adequadas, os artistas se preocupavam em aplicar certas ideias de estética urbana que se deixavam transparecer nos traçados simétricos, nas praças circulares de onde irradiam vias que se cortam em ângulos retos e nas ruas e avenidas paralelas.

Assim, o projeto da nova capital de Minas Gerais preconizou avenidas largas projetadas de forma retilínea; a zona urbana com quadras reticulares, belos jardins, grandes parques e praças circulares e canteiros arborizados (BORSAGLI, 2014, 2015, 2016), conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Planta Geral da Cidade de Belo Horizonte do ano de 1895, elaborada pelo engenheiro Aarão Reis



Fonte: ACERVO DA COMISSÃO CONSTRUTORA DA NOVA CAPITAL – CCNC, 1895.

Entretanto, o projeto urbanístico de Belo Horizonte implementado não considerou a topografia e o traçado irregular dos rios, tornando-os incompatíveis com as ruas retilíneas projetadas, não inserindo os rios na paisagem urbana (ALMEIDA; SANTOS, 2019). Foram

então necessárias grandes movimentações de terra e adaptação da topografia, conforme ressaltado por Borsagli:

A conveniente cegueira generalizada da CCNC e dos políticos da zona planejada, assentada nas vertentes das três microbacias (Ribeirão Arrudas, Onça e Isidoro) ficaria cada vez mais evidente nos anos seguintes à inauguração da cidade, pois os cursos d'água permaneceriam desprezados e as inúmeras movimentações de terra, terraplanagem, arrasamento de morros e aterramentos por toda a zona planejada, principalmente das várzeas e das lagoas marginais aos cursos d'água atestariam os erros dos administradores mineiros na aprovação da rígida planta racional de Aarão Reis e equipe (BORSAGLI, 2016, p- 71-72).

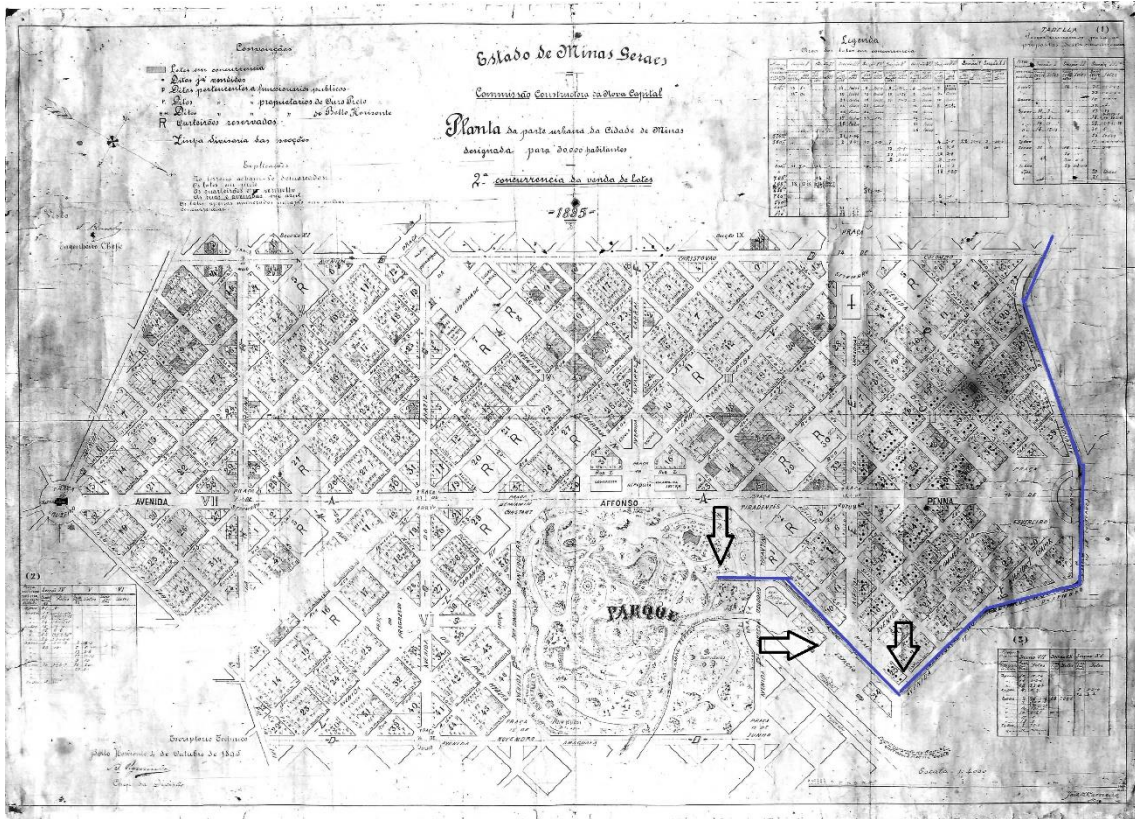
A concepção urbanística inicial da capital seguiu uma orientação racionalista do domínio da natureza pelo homem e a planta urbana foi desenhada sob a hidrografia da região. Os cursos d'água locais, principais agentes geodinâmicos do território foram canalizados, submetidos ao traçado em forma de tabuleiro de xadrez e aos poucos foram sendo suprimidos da paisagem urbana, conforme mostrado na Figura 5 (BOTELHO; ALMEIDA, 2018). Além de receberem um papel secundário, como meros receptores de despejos sanitários (esgotos *in natura*) (PBH, 2016).

As obras de drenagem e canalizações foram percebidas como a grande solução para os problemas de poluição das bacias hidrográficas do ribeirão Arrudas e ribeirão do Onça e também para a melhoria do tráfego de veículos (MESQUITA, 2013).

De acordo com a planta da parte urbana da cidade datada de 1895, o Ribeirão Arrudas (traço em destaque à direita da planta) tem seu curso alterado e segue retilíneo a partir do Parque Municipal, observando que o mesmo percorre em linha reta entre os quarteirões e faz curva em ângulo reto à direita. “Essa configuração em linhas retas seguindo um traçado, racional e regular, é contraditório com a geomorfologia fluvial, determinando, portanto, uma condição irracional” (ANGOTTI-SALGUEIRO, 2001).

Em conflito com a doutrina higienista do século XIX, já nos primeiros anos após a inauguração da cidade, e apesar da baixa densidade demográfica, essa condição imposta aos córregos de Belo Horizonte já dava mostras das mazelas dessa concepção: enchentes, alagamentos, assoreamento e poluição (ALMEIDA; SANTOS, 2019). Esses autores concluíram ainda que, presentes nos discursos técnicos, os princípios da higiene prestavam-se mais para legitimar intervenções urbanas e garantir o mercado de obras públicas do que para garantir boas condições ambientais ao meio urbano.

Figura 5 – Planta da parte urbana da Nova Capital de Minas Gerais (1895), à direita curso do Ribeirão Arrudas canalizado seguindo ângulos retos e traçado da cidade



Fonte: Adaptado de CARNEIRO, 1895.

Similar a Belo Horizonte, os planos de expansão da cidade de Fortaleza, no estado do Ceará, também tiveram o arruamento em plano ortogonal (em forma de xadrez), aproveitando a forma predominantemente plana do sítio urbano, mas essa configuração se caracterizou como importante fator de embate entre a estrutura da cidade e as condições naturais do sítio, os rios e lagoas, expondo ao longo do tempo a população da cidade a fenômenos naturais perigosos (ALMEIDA; CARVALHO, 2010).

Desse modo, no Rio de Janeiro, Pinto (2007) destaca que no início do século XVII a cidade começou a expandir-se em direção à várzea, e para facilitar o acesso ao litoral procurou-se implantar uma malha viária com aspectos mais regulares e menos orgânicos. As ruas foram abertas no sentido da formação de um traçado mais retilíneo (em forma de xadrez), onde a sinuosidade e irregularidades eram inevitáveis.

Maia e Sedrez (2011) afirmam que a urbanização do Rio de Janeiro, levou ao aumento das enchentes históricas ao longo do século XX, haja vista a série de intervenções

pelo próprio planejamento urbano que canalizou rios, construiu em áreas alagadas, desmanchou morros e aterrou extensas áreas da Baía de Guanabara.

Capitais de Salvador, Recife e Porto Alegre seguiram caminho similar ao de Fortaleza, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, procurando adequar suas antigas estruturas colônias às premissas da modernidade. E ainda critica a solução a ser identicamente utilizada para aplicação em contextos distintos: cidades litorâneas ou no planalto, cidade com sítios de topografia plana ou elevada, enfatizando unicamente a abertura de uma ou mais avenidas largas, extensas e, se possível, convergindo para uma rotanda (praça) (SIMÕES JUNIOR, 2007).

Historicamente, a moldagem do sistema sanitário unitário no Brasil, seguindo padrões europeus, revelou a inadequação desse ao contexto territorial e climático do país (RESENDE, 2008). Com a intensificação da urbanização em proporções muitas vezes não previstas no planejamento urbano, as dimensões dos dispositivos de drenagem tendem a ser insuficientes para conter o aumento do fluxo, aumentando a ocorrência de inundações e levando à necessidade de adequações constantes destes dispositivos (CAPUTO; MOURA; NASCIMENTO, 2012).

Com uma década de existência, a cidade da salubridade já tinha o Ribeirão Arrudas correndo poluído em meio à zona urbana (MELO, 2019). O Ribeirão Arrudas acabou se tornando um canal de recebimento direto de dejetos, além de cumprir sua finalidade como canal de drenagem pluvial e, com a intensificação da ocupação da cidade, um local de constantes enchentes e calamidades (COPASA; FJP; IEPHA, 1996).

Entre 1897, ano de sua inauguração, e o ano de 1920, Belo Horizonte apresentou um pequeno crescimento na zona planejada compreendida dentro da Avenida do Contorno, ao mesmo tempo em que a zona suburbana, destinada à população de menor poder aquisitivo, crescia ininterruptamente, apesar dos investimentos municipais do período priorizarem a zona planejada (BORSAGLI, 2015).

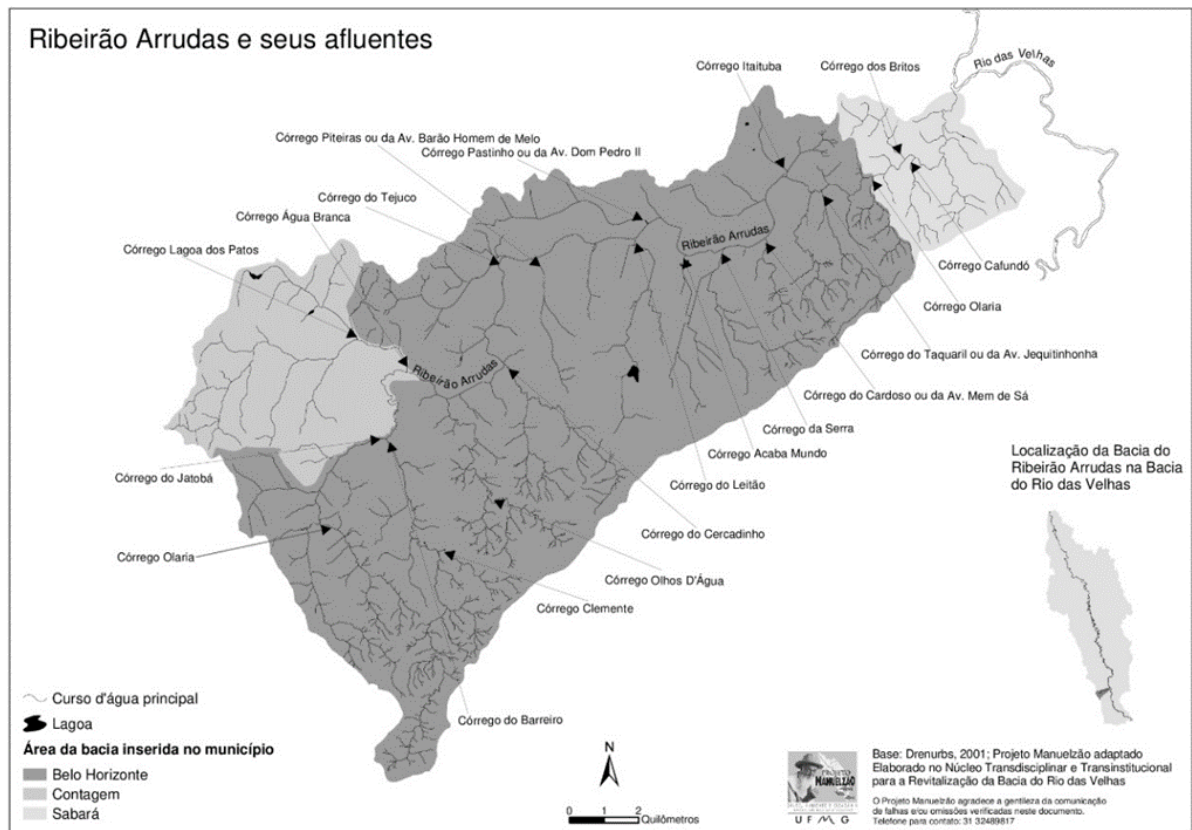
Borsagli e Medeiros (2011) ressaltam que os rios que atravessavam a zona urbana passaram a ser, a partir da década de 1920, um entrave ao crescimento territorial.

A solução então foi o tamponamento dos cursos d'água. O primeiro a ser tampado foi o córrego do Acaba Mundo, em 1963, o rebaixamento do seu leito e a cobertura do canal foram realizados ao longo da Rua Professor Moraes e da Avenida Afonso Pena até a altura do Parque Municipal. Em seguida, houve o fechamento e a cobertura do córrego do Leitão, desde a rua São Paulo até sua foz no Ribeirão Arrudas e, em 1970, esse mesmo curso d'água,

próximo ao bairro Cidade Jardim, cedeu espaço para a abertura da Av. Prudente de Moraes, após ser canalizado (BORSAGLI, 2014).

Na Figura 6, é possível localizar os cursos d'água dentro da bacia hidrográfica do ribeirão Arrudas.

Figura 6 – Bacia hidrográfica do Ribeirão Arrudas e seus afluentes no município de Belo Horizonte -MG



Fonte: UFMG (2001); Projeto Manuelzão – DRENUBS.

Nesse período houve a pressão de agentes econômicos por terras e loteamentos. Borsagli (2015) cita a ocupação do vale do córrego do Leitão, atual bairro de Lourdes, e canalização do córrego do Acaba Mundo, atual bairro Funcionários, como vítimas da expansão urbana e valorização imobiliária.

Como observou Rodrigues (1944, *apud* Resende, 2008) o estado é o principal agente transformador do espaço urbano, em seguida aparecem as corporações imobiliárias e os proprietários fundiários que agem de maneira diferenciada.

Aos poucos em função da abertura de eixos viários e da consolidação da ocupação urbana por eles direcionada, os cursos d'água da capital mineira foram cobertos e muitos sumiram completamente da paisagem (MELO, 2019).

Segundo Lucas, Abreu e Parisi (2015), com a expansão da cidade ficou clara a relação conflituosa com os seus recursos hídricos, pois as águas dos córregos, comumente, só aparecem em episódios de transbordamentos, causando alagamentos nas ruas e avenidas e gerando interrupção no tráfego e problemas no funcionamento orgânico da cidade.

Ainda assim prevaleceu por muito tempo que a solução para os problemas de saneamento e drenagem na cidade eram a retificação, canalização e, por último, o tamponamento dos cursos d'água. Escondê-los seria visualmente mais agradável, além de liberar o espaço para trânsito e fluxo de veículos. “O asfalto, portanto, passou a ser visto como obra de embelezamento” (MESQUITA, 2013, p.13).

Na cidade de São Paulo o plano urbanístico também priorizou a “anulação” do rio para crescimento da cidade. Santos (2011) afirma que muitas intervenções, canalizações, regularizações sobre as águas da cidade foram feitas e contribuíram para a emergência das enchentes, cujo marco inicial remonta em 1848 e 1875 com as intervenções sobre o rio Tamanduateí. Segundo Silva (1997), a implantação do “plano de avenidas” iniciou-se em 1929, sobre os leitos canalizados dos córregos afluentes dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí que, por sua vez tiveram seus leitos aprofundados para a liberação de áreas de várzea para a implantação das avenidas marginais.

As mudanças físico-espaciais da capital mineira, responsáveis pela alteração das condições naturais da hidrografia da região, tiveram início durante a sua implantação. Conforme Borsagli (2015), a retificação e canalização do ribeirão Arrudas, o calçamento, a pavimentação, a abertura de ruas e avenidas nas zonas urbanas, o embelezamento de praças e a verticalização da região central, junto com a criação da zona industrial no vale do ribeirão Arrudas a partir da década de 30, foram decisivas para a consolidação da capital mineira e para o processo de metropolização.

A impermeabilização foi apenas um dos impactos da urbanização sobre a bacia do rio Arrudas. A canalização também acompanhou todo o processo de construção da cidade e sua expansão. Atualmente, os diversos afluentes do Arrudas não são encontrados facilmente na paisagem urbana da cidade. Ao longo de toda a história da cidade os mesmos foram sendo gradativamente canalizados e, principalmente, a partir da década de 70, fechados dando lugar a importantes ruas e avenidas da cidade. (CAVALCANTE, 2011, p. 94)



Lucas, Abreu e Parisi (2015), constataram que mais de 80 % das áreas urbanas de Belo Horizonte – MG sofreram com processos hidrológicos no ano de 2010, isto é, apresentaram pontos de alagamento ou inundação.

Considerando a cidade de São Paulo, Martins (2006) afirma que sua ocupação ocorreu em função das práticas de agricultura irrigada no vale do Paraíba, pecuária e sobretudo de transporte com a canalização do leito para dar origem às vias expressas, como as marginais do rio Tietê e Pinheiros. Canil, Lampis e Santos (2020), citam que na Macro Metrópole Paulista (MMP), a forma histórica concebida de ocupação do espaço geográfico associada à ocorrência de chuvas convectivas intensas (especialmente no verão), também levaram às inundações em várias cidades localizadas à margem do Rio Paraíba no ano de 2000, bem como às inundações na bacia do rio Juquery em março de 2016, e as inundações na bacia do rio Tamanduateí, entre os meses de fevereiro e março de 2019.

Na cidade de Teresina, Piauí, em 1985, o adensamento da população em áreas vulneráveis conjugada à simultaneidade dos picos de vazão dos rios Poti e Parnaíba, causou uma grande enchente que atingiu centenas de famílias na cidade (TERESINA, 2007).

Rodrigues Neto e Lima (2018) citam que a impermeabilização dos solos das bacias hidrográficas e de áreas fluviais ambientalmente frágeis, dentre outros fatores, continuaram a causar as enchentes, como as de 1995, 2004 e 2009 afetando parte da população da capital piauiense.

Na bacia do rio Benevente, em Alfredo Chaves-ES, conforme Lorenzon *et al.* (2015), os principais causadores das inundações urbanas foram os elevados valores de declividade do rio principal e de declividade da bacia, decorrentes da grande variação de altitude, além da aceleração do processo de ocupação do solo, nascentes e cursos d'água desprovidos de mata ciliar, processos erosivos decorrentes do uso de encostas para plantio, lançamento de efluentes e resíduos sólidos nos cursos d'água.

Em Belo Horizonte as inundações ocorridas, nos últimos anos, nas avenidas sanitárias dos córregos/ribeirões do Vilarinho, Ressaca, Pintos, Leitão, Cachoeirinha, Pampulha, Jatobá e Ribeirão Arrudas, além de outras recorrentes em diversos pontos da cidade, colocam em evidência a vulnerabilidade do atual sistema de drenagem (PMS, 2016).

Para, Tucci (2005), um dos principais, se não o principal problema de recursos hídricos no país é o impacto resultante do desenvolvimento urbano inadequado, tanto no âmbito interno dos municípios como no âmbito externo, exportando poluição e inundações à jusante.

Pode-se perceber que as respostas hidrológicas a eventos de precipitação em Belo Horizonte, constituem um grande e antigo problema para a população, e são percebidas na ocorrência de alagamentos, inundações, enxurradas e deslizamentos de terra; em função do processo de ocupação das planícies, de alagamentos, impermeabilização e canalização dos córregos nos fundos de vale e crescimento desordenado da mancha urbana.

### **3.4.2 As bacias hidrográficas do Ribeirão Arrudas e Ribeirão do Onça**

Os cursos d'água que atravessam a capital mineira fazem parte das bacias hidrográficas Ribeirão Arrudas e Ribeirão do Onça (e seu afluente o Ribeirão Isidoro).

A escolha da implantação da sede da nova capital de Minas Gerais, Belo Horizonte, apreciou sobretudo a disponibilidade hídrica da região. Considerando que a malha hidrográfica apresenta 700 km de extensão de cursos d'água, desse total 200 km de córregos encontram-se canalizados, ou lajeados em galerias subterrâneas, 200 km estão retificados em canal aberto na malha urbana e o restante se encontra em áreas de proteção ambiental ou em leito natural (PBH, 2016).

Foram apreciados, também o clima ameno, com elevados níveis pluviométricos por sua localização geográfica e pelo seu clima de transição (NIMER, 1979).

As condições naturais da hidrografia da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), entretanto, se encontram bastante alteradas. Nas áreas centrais, sobretudo, apresentam canalizados todos os cursos d'água, sejam revestidos, ou confinados em canais fechados (PMS, 2016).

A bacia de drenagem do Ribeirão do Onça, possui formato circular, cuja característica apresenta um escoamento superficial rápido. Neste formato a concentração do deflúvio se dá em um só ponto diminuindo o tempo de concentração e aumentando as chances de ocorrência de enchentes (LORENZON, *et. al.*, 2015).

Devido à baixa amplitude de relevo essa bacia apresenta áreas mais planas do que a bacia do ribeirão Arrudas, ou seja, passíveis de mais alta susceptibilidade a inundações e alagamentos.

A bacia de drenagem do ribeirão Arrudas por sua vez, apresenta a influência do Alongamento da Serra do Curral, configurando altimetria mais elevada do que a bacia do Ribeirão do Onça. Observa-se que em áreas com declividade acentuada, a água da chuva concentra-se mais rapidamente nos cursos dos rios aumentando as chances de ocorrer picos de

enchentes (LOREZON *et al.*, 2015). O Ribeirão Arrudas apresenta talvegues de elevada declividade com 7m/km (0,7%) (PMS, 2016).

“Tanto a Bacia do Ribeirão do Onça como a Bacia do Ribeirão Arrudas apresentam grande declividade e, como consequência, escoamentos em velocidades muito altas” (PMS, 2016, p. 69), além de elevadas taxas de impermeabilização do solo.

Para Barros (2005), rios urbanos com talvegues de elevada declividade são em geral críticos pela rapidez com que ocorrem suas cheias, levando muitas vezes a inundações relâmpagos, conhecidas como o termo em inglês, *flash floods*. Para o autor, os rios urbanos exibem comportamento de acordo com sua morfometria, rios com talvegues de baixa declividade procuram leitos maiores durante as chuvas, exigindo grandes áreas de inundação.

Tal como ocorre no ribeirão Arrudas é o caso do rio Tietê, em São Paulo, com declividade medida do seu talvegue (0,015 %), todavia, seus afluentes, como é o caso do rio Aricanduva, apresentam talvegue com alta declividade, entre 2,5 e 0,5 %, fazendo com que descarregue suas cheias rapidamente no rio Tietê. Antes da urbanização, o rio Tietê exibia uma vasta área de inundação, no entanto, hoje, está contido em um canal estreito e com elevado risco de extravasamento.

Uma análise preliminar do Quadro 2 permite uma distinção entre as bacias do Ribeirão Arrudas e Ribeirão do Onça, considerando algumas características morfometrias das bacias hidrográficas.

Quadro 2 – Comparação entre as bacias do Ribeirão Arrudas e Ribeirão do Onça no município de Belo Horizonte MG

| <b>Características</b>  | <b>Arrudas</b>                                     | <b>Onça</b>                   |
|-------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------|
| Forma                   | Elíptica e ramificada                              | Circular a ramificada         |
| Declividade de talvegue | 7m/km                                              | -                             |
| Altimetria              | 894 m – 1500 m                                     | 946 m – 675 m                 |
| Geomorfologia           | Influência<br>do Alongamento da Serra do<br>Curral | do Morros, colinas e espigões |

Fonte: Adaptado de (REIS, 2011, p. 69; PMS, 2016 p. 69).

A magnitude dos picos de enchentes pode ainda ser intensificada quando altas velocidades estão relacionadas com a ausência de cobertura vegetal, tipo de solo e intensidade de precipitação, uma vez que esses fatores aumentam a rapidez com que ocorre o escoamento superficial no terreno (VILLELA; MATOS, 1975; TORNELLO *et al.*, 2006).

Conforme mostrado na Figura 7, as bacias hidrográficas do Ribeirão Arrudas e do Ribeirão do Onça possuem como exultório o Rio das Velhas, importante afluente do Rio São Francisco.

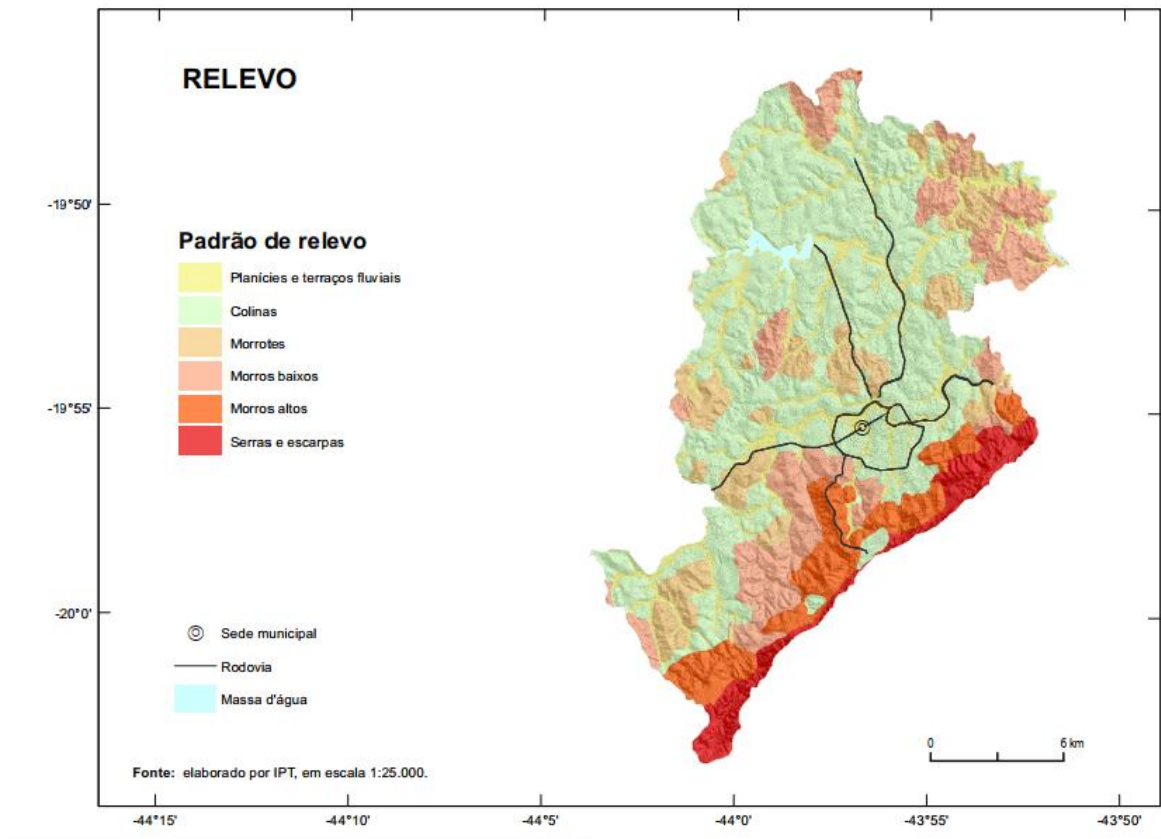
Figura 7 – Hidrografia, bacias hidrográficas e regionais administrativas do município de Belo Horizonte - MG



Fonte: Adaptado de PREFEITURA DE BELO HORIZONTE – PBH (2019) – Plano Diretor da Região Administrativa da Pampulha, v. 1, p. 24.

Na Figura 8 é possível identificar o padrão de relevo do município de Belo Horizonte e identificar os aspectos geomorfológicos da região de estudo.

Figura 8 – Relevo do município de Belo Horizonte - MG



Fonte: Adaptado de INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 2015.

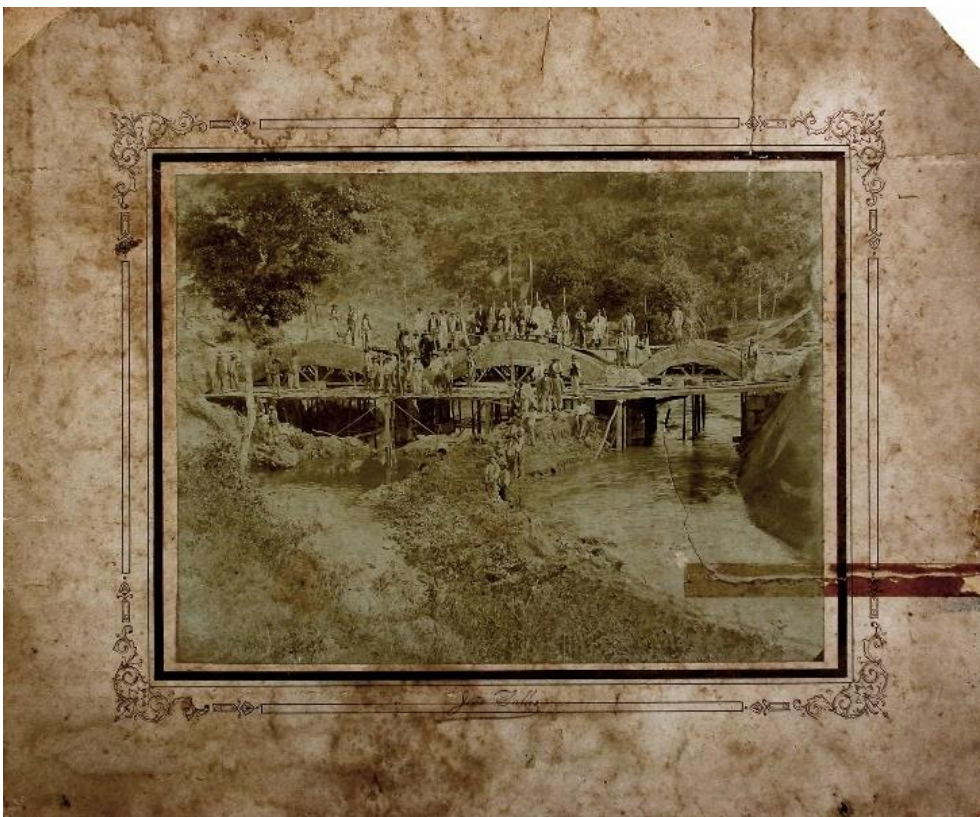
### 3.4.3 Processo de canalização de cursos d'água em Belo Horizonte

Melo (2019) cita a ocupação das antigas colônias agrícolas como surgimento de bairros: a ex-colônia Carlos Prates, localizada nos vales dos córregos Pastinho e Pintos; na região leste, a ex-colônia Américo Werneck, nos vales do córrego da Mata; a ex-colônia Bia Fortes, no vale do córrego Cardoso; a ex-colônia Afonso Pena, no vale do córrego do Leitão, que percorre, canalizado, os atuais bairros Santa Lúcia e São Bento, por baixo da Avenida Prudente de Moraes; e a ex-colônia Adalberto Ferraz, no vale do córrego Acaba-Mundo, que nasce no bairro Sion.

A partir da ocupação dessas colônias pela população, surgiram os bairros, inclusive muitos deles ainda possuem, como nome oficial, o nome da colônia ou da seção urbana de origem.

Em função do crescimento urbano da cidade e do aumento da densidade populacional nessas áreas, foi necessário a abertura de mais vias de tráfego e, antes mesmo da inauguração da nova capital, foram realizadas as primeiras intervenções físicas na morfologia dos canais fluviais da cidade. Os trabalhos de rebaixamento e retificação do canal do Ribeirão Arrudas terminaram em julho de 1896, sendo edificadas também pontes que permitiam o acesso a bairros suburbanos e revestidos os taludes na região central (MELO, 2019), conforme mostrado na Figura 09.

Figura 9 – Trabalhos de tubulação no Ribeirão Arrudas, em 1896

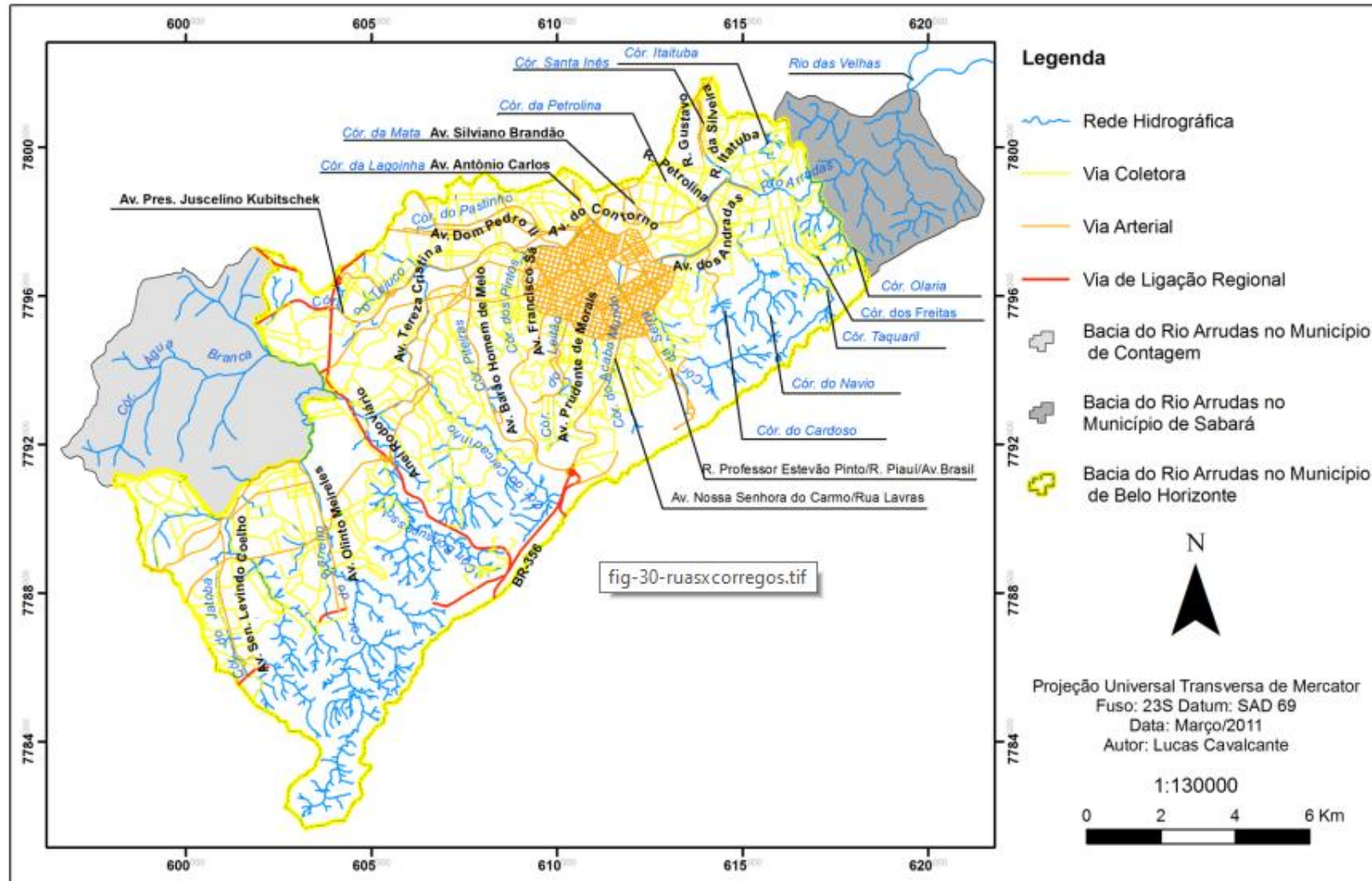


Fonte: SALLES, 1896.

Com as canalizações dos córregos nos fundos de vale, foi possível obter mais espaço aos grandes eixos viários para circulação e tráfego intensificados com a expansão da mancha urbana. Dessa forma, o ribeirão Arrudas e seus afluentes foram gradativamente canalizados, dando lugar a importantes ruas e avenidas da cidade (FIGURA 10).

Além de ceder espaço para abertura de vias, parte dos cursos d'água da cidade receberam esgotos domésticos e industriais. Segundo Aroeira (2010) somente 61 % do esgoto de Belo Horizonte são interceptados para tratamento, refletindo a falta de integração entre as políticas públicas relacionadas a drenagem urbana e saneamento.

Figura 10 – Mapa do Sistema Viário da rede hidrográfica de Belo Horizonte



Fonte: Adaptado de PBH (2008 citado por CAVALCANTE, 2011, p. 82).

Antes mesmo da inauguração da nova capital, foram realizadas as primeiras intervenções físicas na morfologia dos canais fluviais da cidade. Os trabalhos de rebaixamento e retificação do canal do Ribeirão Arrudas terminaram em julho de 1896, sendo edificadas também pontes que permitiam o acesso a bairros suburbanos e revestidos os taludes na região central (MELO, 2019), conforme mostrado na Figura 11.

Figura 11 – Trabalhos de tubulação no Ribeirão Arrudas, em 1896



Fonte: SALLES, 1896.

Borsagli (2014) cita a canalização do córrego Acaba Mundo, entre 1926 e 1928, como responsável pela expansão do bairro Funcionários, e a canalização e retificação do córrego do Leitão na mesma época, para a ocupação das terras do vale correspondente aos bairros Barro Preto, Santo Agostinho e Lourdes, os dois últimos reservados ao Poder Público para a expansão urbana de classes mais abastadas (de elevados status social).

Ainda nessa região, onde está localizada a Praça da Assembleia, o córrego Barroca foi retificado e canalizado desde sua nascente até sua foz, no córrego do Leitão (SALES, 2019), conforme mostrado na Figura 12.





Figura 12 – Assentamento de manilhas de concreto para canalização do córrego da Barroca

Fonte: Coleção João Gusman Júnior – Acervo MHAB citado por Sales, 2019, p.75.

Na Figura 13 é mostrada a confluência da canalização do córrego Barroca até sua foz no córrego do Leitão. A canalização do córrego do Leitão se encontrava em andamento no início de 1928, com o canal sendo construído à montante da Avenida Paraopeba em direção à Rua Alvarenga Peixoto, sendo finalizada em 1929 (BORSAGLI, 2016).

Figura 13 – Canalização concluída do Barroca e confluência com o Leitão no cruzamento entre as ruas Mato Grosso e Tupis e Avenida Bias Fortes

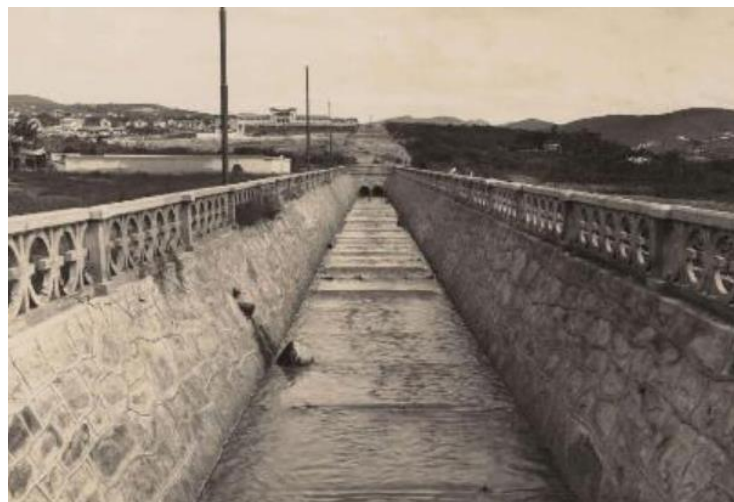


Fonte: Coleção João Gusman Júnior – Acervo MHAB, citado por SALES, 2019.

O córrego do Zoológico, também afluente do córrego do Leitão, recebeu canalização próximo à Rua Felipe dos Santos, em manilhas de concreto nas proximidades de sua nascente, para a urbanização do bairro de Lourdes e seguiu canalizado ao longo da Rua Rio de Janeiro (BORSAGLI, 2016).

Ainda na década de 1920, novas intervenções foram realizadas na calha do Ribeirão Arrudas e iniciadas no Córrego do Leitão, seu afluente foi canalizado entre as ruas Augusto de Lima e Olegário Maciel, obras que contribuíram para a expansão do bairro Barro Preto, e retificado na Rua São Paulo, entre as Ruas Gonçalves Dias e a Alvarenga Peixoto, em 1931, conforme Figura 14 (MELO, 2019).

Figura 14 – Córrego do Leitão canalizado na Rua São Paulo, entre as ruas Gonçalves Dias e Alvarenga Peixoto, no ano de 1931



Fonte: RIBERA, 1931[Acervo Público Mineiro].

No período de 1940 a 1942 a atuação do então prefeito de Belo Horizonte, Juscelino Kubitschek (1940-1945) direcionou o crescimento da cidade nos sentidos norte e oeste, bem como promoveu a intensificação da pressão de ocupação sobre os cursos d'água, conforme expressado nas palavras do administrador da época:

Ao meu espírito de médico não fugiria um dos aspectos fundamentais da higiene da cidade. Basta dizer que os esgotos sanitários que até 1939 se prolongavam por 105.921,00 metros foram acrescidos até 1942 com mais 23.922,00 metros, ou seja, mais de um quinto do total conseguido em quatro décadas (...) No que se refere aos esgotos pluviais, conseguimos um aumento de 20.896,07 metros sobre 65.724,00 até então existentes (...) O Arrudas supersaturado de detritos, e vários outros córregos foram canalizados, obtendo entre 1940 a 1942 a cifra considerável de 9.640,95 metros que, comparada aos 18.359,47 metros de canalizações existentes até 1939, dá uma percentagem superior a 50 %. (KUBISTCHEK, 1940, p. 14-15).

Foram ainda empregados vários serviços de saneamento na época, cujo foco era a extinção de moléstias. Segundo a imprensa belo-horizontina (Revista Leitura, 1942), Belo Horizonte estava totalmente saneada, não havia mais focos de Febre Amarela, muitas canalizações foram feitas entre os anos de 1940 e 1942, graças a série de serviços realizados pela administração de Juscelino Kubitschek.

O Ribeirão Arrudas, de início foi canalizado, num total de 4.000 metros. Uma zona extensiva de valor foi e continua sendo saneada, pois com a retificação, áreas enormes foram obtidas nas margens. O córrego da Lagoinha foi canalizado em mais de 1.200 metros, constituindo-se sobre ele a Avenida da Pampulha. O córrego da Mata desapareceu sob a canalização, surgindo mais de 500 metros de uma ampla avenida, a Silviano Brandão. Também não foram esquecidos os córregos Pintos e do Pastinho, aquele agora oculto pela Avenida Francisco Sá e este pela Pedro I. Os córregos das Piteiras e do Gentio, também foram canalizados. E todos eles, depois dessas obras de saneamento (...) não constituem mais ameaça à saúde da população. Hoje são motivos de embelezamento para a cidade (...) o que, indiscutivelmente, representa uma conquista no setor das garantias oferecidas à saúde da população (REVISTA LEITURA, 1942, p. 55, 61).

A canalização do córrego da Mata, entre o período de 1940-1942 é mostrada na Figura 15, local onde hoje é a Avenida Silviano Brandão, empreendida no período da administração do prefeito Juscelino Kubitschek.

Figura 15 – Canalização do Córrego da Mata, afluente do Ribeirão Arrudas entre 1940 e 1942

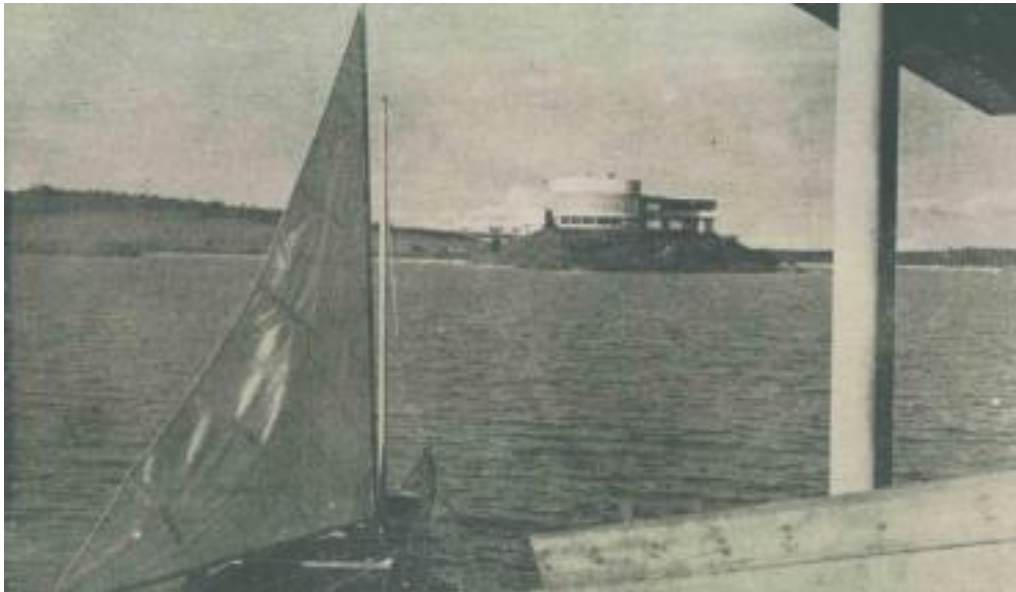


Fonte: REVISTA BH (1944, p.15) [Acervo Público da Cidade de Belo Horizonte].

Após completar 45 anos, a metrópole montanhosa, como registrado na publicação impressa de Siqueira (1943), vivia um vertiginoso crescimento: sendo consagrada como “cidade do asfalto” em 1943, pois sua área pavimentada era uma das maiores do Brasil, teve grandiosas obras de saneamento e intensos serviços de terraplanagem. Estes para, principalmente, beneficiar a cidade com avenidas (Pampulha, Amazonas, e no prolongamento da avenida Afonso Pena).

Outro grande investimento no local onde antes era um verdadeiro charco, foi o empreendimento da Pampulha, voltada para o turismo e lazer. Nas margens da barragem foram erguidas pitorescas vivendas e centros de esportes e diversões (SIQUEIRA, 1943), conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 – Barragem da represa da Pampulha com prédio do Cassino ao fundo, em 1943



Fonte: REVISTA BH (1944, p. 20) [Acervo Público da Cidade de Belo Horizonte].

Carsalade (2007) aponta que logo a ocupação da Pampulha se desenvolveu, começando pelos bairros São Luiz e Jardim Atlântico. Para Cavalcante (2011) a implantação da Lagoa da Pampulha foi predominante para o crescimento ao norte, fazendo com que a mancha urbana crescesse vertiginosamente à esquerda do ribeirão Arrudas, com alcance do interflúvio da bacia gerando grande impermeabilização do solo após sua implantação.

Em direção à região oeste, as margens do Ribeirão Arrudas foram amplamente ocupadas por trabalhadores da construção civil, subproletariado, biscateiros, ambulantes e, principalmente, por operários das fábricas modernas e indústrias que ocuparam a cidade

industrial localizada em Contagem, próximo à nascente do ribeirão (TEIXEIRA; SOUZA, 2003).

Nas décadas seguintes o córrego Acaba Mundo, da mesma forma que o córrego do Leitão, passou a ser fonte de despejo dos esgotos residenciais em consequência da intensificação do processo de adensamento, sendo empreendido o alargamento e cobertura a partir do ano de 1963. Esse mesmo curso d'água cedeu espaço para as Avenidas Uruguai e Nossa Senhora do Carmo e, em sequência, as ruas Grão Mogol, Professor Moraes e Avenida Afonso Pena desembocando no ribeirão Arrudas, na altura do Parque Municipal (BORSAGLI; BERNARDES, 2016).

O historiador Mesquita (2010) relata que, ainda na década de 60, a cidade de Belo Horizonte começou a viver uma intensa crise sanitária, advinda do crescimento industrial, crescimento da mancha urbana e colapso do sistema de saneamento básico, que começava a apresentar subdimensionamento, os esgotos começavam a arrebentar em vários locais da cidade e as enchentes aumentavam cada vez mais.

Na década de 80, iniciaram-se as obras de alargamento do canal do Arrudas no trecho compreendido entre a Avenida Tereza Cristina e a Ponte do Perrela. Seguida da canalização a montante até o trecho da Avenida Amazonas na Gameleira e a jusante desde a Avenida do Contorno até a Avenida Silviano Brandão, na confluência do córrego da Mata (BORSAGLI, 2014, 2015, 2016).

Como resultado da expansão sem planejamento da mancha urbana de Belo Horizonte, Cavalcante (2011) afirma que o coeficiente de impermeabilização no vale do rio Arrudas alcançou valores acima de 75 % para o ano de 1999 e também alcançou altos índices de impermeabilização nas bacias dos córregos do Leitão, Acaba-Mundo e Jatobá.

Em diversas regiões da capital mineira, o crescimento e o adensamento informal da malha urbana, fora do controle dos processos de aprovação de loteamentos e edificações, deram origem a uma série de loteamentos irregulares, vilas e favelas que, por ocuparem áreas impróprias para assentamentos, como planícies de inundação e áreas de risco geológico, constituem os locais de maior concentração dos problemas de drenagem (PMS, 2016).

Conforme abordado por Ferreira *et al.* (2019) as recorrentes práticas de ampliação e aprofundamento de galerias subterrâneas se mostra pouco eficiente a longo prazo quando não se combate o causador primário dos problemas de inundação urbana: a impermeabilização.

O caso da cidade de São Paulo é exemplar, pois as intervenções na bacia hidrográfica e na calha do seu principal rio, Tietê, iniciaram no final do século XIX e em

menos de um século, de acordo com DAEE (1999), as vazões de pico aumentaram mais de seis vezes, em função, principalmente, do crescimento da população de 200 mil habitantes no início do século XX para 17 milhões no século XXI, sendo que, além do crescimento urbano caótico, houve também o crescimento da área impermeabilizada e da rede de drenagem.

A SAISP (2000) mostra que, a fragilidade da cidade de São Paulo em relação a chuva é tão grande, que precipitações de 30 mm em um período de 40 a 50 minutos, eventos ordinários de verão, geram grandes transtornos em pontos localizados com ocorrência de enchentes e inundações.

#### **3.4.4 Estudos de inundações, enchentes, alagamentos e enxurradas em Belo Horizonte**

Localizada na Região Sudeste do país, Belo Horizonte registra vários desastres associados a enchentes, inundações, alagamentos e enxurradas, causando graves danos e também temor entre a população durante o período chuvoso, que ocorre entre os meses de outubro e março (REIS, 2011).

A formação de enxurradas é provocada por chuvas intensas e concentradas, fazendo os canais de drenagem transbordarem rapidamente e os alagamentos são relacionados a áreas com drenagem deficiente, que não permitem dar vazão de forma suficiente para as águas pluviais, as quais passam a se acumular (IBGE, 2013; CAJAZEIRO, 2015).

Ainda nos primórdios de sua evolução, a cidade experimentou os efeitos negativos da urbanização sobre a malha hidrográfica natural. O crescimento populacional em Belo Horizonte foi acompanhado do crescimento de registros de ocorrências de inundações. Desde sua fundação, constatou-se a ocorrência de inundações, destacando-se as enchentes de 1908 e 1916 que levaram à canalização de parte do Ribeirão Arrudas, em 1928 (PMS, 2016).

Segundo Morais e Carsalade (2016) na América Latina e no Caribe, o período de crescimento da população mais acelerado concentrou-se entre 1950 - quando a região tinha 40% de população urbana - a 1990 - quando alcançou 70 % de urbanização. Consequentemente a expansão das cidades fez com que muitas delas extrapolassem os limites administrativos de seus municípios.

Barros (2005), afirma que a complexidade dos problemas ambientais urbanos cresce exponencialmente com o tamanho da população e que, nas cidades brasileiras o crescimento populacional urbano ocorre, principalmente, nas áreas periféricas onde, justamente, faltam os equipamentos e serviços urbanos básicos. Além disso os problemas

habitacionais levam à invasão de áreas de risco, áreas ribeirinhas e montanhosas, sujeitas a inundações e processos de erosão intensa.

De acordo com a UFMG (2008), a área urbana da capital mineira, realizou-se sem um plano eficaz de controle das cheias, resultando em aumento das ocorrências de inundações, provocando perdas de vida e perdas materiais. Na Figura 17 estão relacionados os dados do crescimento populacional de Belo Horizonte com os eventos de inundações, no período compreendido entre os anos de 1928 e 2000.

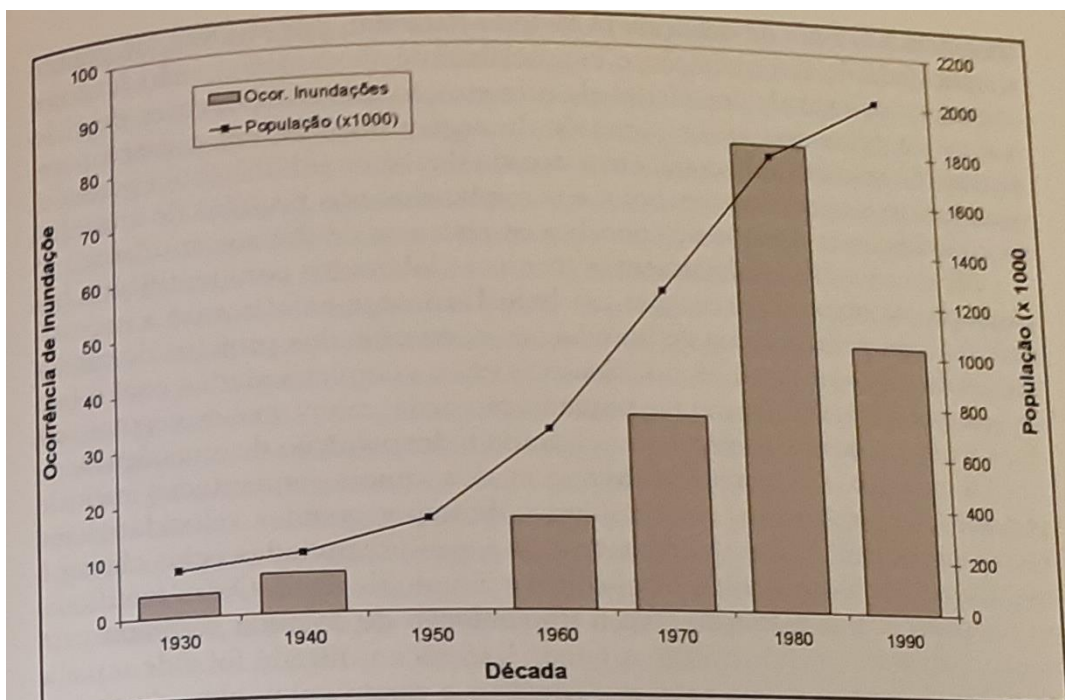


Figura 17 – Gráfico da evolução populacional e das inundações em Belo Horizonte, MG

Fonte: UFMG (2008, p. 89) [Projeto Manuelzão].

Houve crescimento do número de ocorrências de inundações com o aumento da população belo-horizontina até a década de 1980. Assim também no município de Cuiabá, Mato Grosso, o número de alagamentos e a incidência de inundações ocorreu justamente quando a população teve seu maior crescimento, equivalente ao período de 1960-1991 (MENEZES FILHO E AMARAL, 2014).

Na capital mineira, evidencia-se que o aumento dos eventos e tragédias decorrentes das inundações foi progressivo até a década de 80. Em 2 de janeiro de 1983, houve a seguinte notícia no jornal O Estado de Minas: “Foi a maior tragédia já vivida pela

Capital Mineira, as casas (barracos) das favelas às margens do ribeirão Arrudas foram arrastadas pelas águas, deixando um rastro de destruição e morte (UFMG, 2008).

Werneck (2012), cita que houve o desaparecimento da favela Sovaco de Cobra, às margens do ribeirão Arrudas, com um total de 51 vítimas.

Borsagli e Bernades (2016), afirmam que após a grande enchente de 1983, responsável pela destruição de uma parte significativa das obras do vale do Arrudas, tiveram continuidade as obras de canalização realizadas na década anterior, estendendo para fora dos limites da Avenida do Contorno o mesmo método de canalização, priorizando a remoção e a urbanização das áreas então ocupadas por inúmeras favelas.

Cavalcante (2011), relata que em 1983 houve um acumulado em precipitação anual de 2.500 mm, aproximadamente 1.000 mm acima da média histórica, justificativa dada pelas autoridades como causa dos desastres.

Ao analisar os impactos deflagrados pelas chuvas, Ferreira (1996) analisou as chuvas extremas, por meio da análise rítmica proposta por Monteiro (1969), e a relação com número de ocorrências realizadas pela defesa civil nos verões de 1978-79 e 1984-85. O autor constatou que os maiores impactos causados pelas chuvas advêm do crescimento desordenado e ocupação irregular nas áreas de encostas.

De acordo com a UFMG (2008) a região mais castigada por inundações em Belo Horizonte foi, até a metade da década de 80, a região central da Capital, no vale do ribeirão Arrudas, entre os bairros Gameleira e Santa Tereza e, nos anos 2000, a região das bacias elementares da margem direita desse ribeirão, notadamente as bacias dos córregos do Cardoso (Avenida Men de Sá), da Serra, do Acaba Mundo, do Leitão e no canal do ribeirão Arrudas na região do bairro Salgado Filho, imediatamente abaixo da junção com o córrego Cercadinho são consideradas as mais castigadas.

Borsagli e Bernardes (2016), afirmam que as canalizações dos cursos d'água da capital eram vistas como solução para minimizar os problemas das enchentes, entretanto, as ações empreendidas pelo poder público não contemplavam os riscos futuros em relação à probabilidade de ocorrência de enchentes próximas à foz dos rios, devido ao aumento de sua velocidade e de sua vazão, consequência do desvio do curso natural associado à impermeabilização do solo e à supressão vegetal de matas ciliares.

Os projetos das obras de drenagem dos canais implantados desde a inauguração da cidade de Belo Horizonte, foram elaborados com o objetivo de impor grandes velocidades aos escoamentos para evacuar rapidamente as águas precipitadas pelas chuvas para eliminar as enchentes e impedir o acúmulo de água, aliado a perspectiva de ampliação de avenidas sanitárias para complementar o sistema viário urbano (UFMG, 2008, p. 90).



As medidas estruturais aplicadas diminuem o comprimento do percurso do córrego, além de, nos canais construídos fechados, diminuir a capacidade de escoamento das águas entre 20 e 30 %, ao tocarem na geratriz superior (teto), devido ao aumento de contato desta área com a água. O escoamento passa a sofrer pressão com o aumento do nível d'água, além de devolvê-la às ruas através das bocas-de-lobo, invertendo o papel de captura d'água das microdrenagens, devido ao alívio de pressão (JARDIM *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2007).

Na Figura 18 é possível identificar o córrego Acaba Mundo, canalizado abaixo da rua Grão Mogol, após eventos de precipitação em 1999; com o registro é possível identificar a formação de alagamentos em função da inversão do papel dos sistemas de drenagem.



Figura 18 – Córrego do Acaba Mundo em 1999, na Rua Grão Mogol, Belo Horizonte-MG

Fonte: BORSAGLI, 2016.

As técnicas utilizadas na época, para sanar as inundações, consistiam em obras para impor velocidade ao escoamento superficial que, devido à urbanização e características morfométricas da bacia, já eram altas. Os sistemas de drenagem, por sua vez, demonstram

incapacidade de drenar toda a água precipitada, até se irromper com violência para a superfície.

Lucas *et al.*, (2015), em estudo sobre impactos ou riscos de eventos hidrometeorológicos em Belo Horizonte, encontraram que em todas as Regionais administrativas de Belo Horizonte, no período entre 2009 e 2012, houve pontos de alagamentos ou inundações.

Reis (2011), correlacionou as manchas de inundação descritas na Carta de inundação (SUDECAP) e da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH) do ano de 2009 com a área de estudo da bacia do Córrego do Leitão, afluente do Arrudas. A autora constatou que a suscetibilidade de formação de enxurradas é alta e que o escoamento superficial nas áreas urbanas é um forte condicionante de inundações, enchentes e alagamentos. A análise da formação de enxurradas auxilia, portanto, a compreensão do fenômeno de inundações.

Cajazeiro (2011) analisou a susceptibilidade a inundações nas bacias hidrográficas do Ribeirão Arrudas e Córrego da Onça, por meio de parâmetros morfométricos e de impermeabilização do solo, comparando com o mapeamento das manchas de inundação de Belo Horizonte mapeados pela PBH/2009, e os resultados indicaram grande ocorrência de manchas de inundação ao norte da bacia do Ribeirão do Onça, enquanto na bacia do Ribeirão Arrudas, as manchas de inundação situaram-se quase totalmente em áreas de alto índice de impermeabilização e à jusante de áreas permeáveis de significativa extensão. Chegou à conclusão que a influência do relevo local agrava o fluxo de água que se concentra à montante e segue em direção a uma área que, devido ao fato de estar impermeabilizada, não favorece a infiltração.

Jardim *et al.* (2012), ao analisarem o risco de enchentes e inundações na Av. Cristiano Machado em Belo Horizonte, MG, concluíram que a modificação da paisagem e o processo de urbanização funcionam como agentes preparatórios para processos hidrológicos que ocorrem com frequência durante eventos de precipitação. Os autores apontam que as causas antropogênicas são mais significativas na análise das inundações urbanas do que taxas pluviométricas, pois as inundações ocorrem em episódios com diferentes intensidades de precipitação.

Em consonância, Augusto e Reis (2012), ao estudarem dados de alagamentos e inundações registrados pela Coordenadoria Municipal de Defesa Civil da Prefeitura de Belo Horizonte (COMDEC) – PBH, entre 2009 e 2012, identificaram que as Regionais Pampulha, Norte, e Oeste da capital mineira concentram o maior número de ocorrência, 64%. Segundo os autores, estas regionais estão localizadas em áreas mais aplainadas do município e

apresentam maior número de cursos d'água da bacia, como os córregos Sarandi e Ressaca, na Regional Pampulha, Ribeirão do Onça e Isidoro na regional Norte; e o trecho do ribeirão Arrudas aberto na Avenida Tereza Cristina, na regional Oeste.

A gravidade dos efeitos das inundações pode ser exemplificada pelos dados relativos a ocorrências devido a inundação e alagamento, fornecidos pela COMDEC - PBH, desde 1995, conforme mostrado na Figura 19. Esses dados se referem aos registros de chamados na COMDEC – PBH, podendo ocorrer para o mesmo evento e local diversas chamadas de moradores.

Figura 19 – Número de registros de chamados na Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Belo Horizonte COMDEC em relação à ocorrência de Inundações e Alagamentos no Município de Belo Horizonte, entre os anos de 1995 e 2016

| Regional      | Número de Ocorrências |             |            |            |            |             |            |            |            |            |
|---------------|-----------------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
|               | 1995 a 1998           | 1999 a 2008 | 2009       | 2010       | 2011       | 2012        | 2013       | 2014       | 2015       | 2016       |
| Barreiro      | 177                   | 22          | 17         | 16         | 19         | 62          | 10         | 16         | 4          | 40         |
| Centro Sul    | 88                    | 22          | 19         | 8          | 16         | 16          | 23         | 13         | 22         | 9          |
| Leste         | 167                   | 45          | 19         | 7          | 13         | 72          | 40         | 24         | 7          | 9          |
| Nordeste      | 465                   | 180         | 70         | 48         | 37         | 69          | 154        | 130        | 49         | 14         |
| Noroeste      | 158                   | 31          | 10         | 14         | 24         | 46          | 14         | 23         | 13         | 15         |
| Norte         | 248                   | 201         | 15         | 21         | 26         | 106         | 59         | 16         | 88         | 8          |
| Oeste         | 192                   | 91          | 21         | 44         | 51         | 312         | 43         | 79         | 2          | 55         |
| Pampulha      | 252                   | 114         | 16         | 29         | 55         | 334         | 149        | 15         | 3          | 86         |
| Venda Nova    | 307                   | 390         | 15         | 33         | 35         | 41          | 20         | 43         | 90         | 3          |
| <b>TOTAIS</b> | <b>2054</b>           | <b>1096</b> | <b>356</b> | <b>220</b> | <b>276</b> | <b>1058</b> | <b>512</b> | <b>359</b> | <b>278</b> | <b>239</b> |

Fonte: Adaptado de Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Belo Horizonte – Comdec citado por PMS, 2016.

Os números em destaque caracterizam as regionais que mais receberam chamados no período e revelam que a regional Oeste, localizada dentro da bacia do Ribeirão Arrudas, e a Regional Nordeste, localizada dentro da bacia do Ribeirão do Onça, foram as que tiveram maior ocorrência ao longo do período.

A regional Oeste ainda apresenta problemas com inundações e enchentes, pois frequentemente há pontos de interdição em alguns trechos do trânsito na avenida Tereza Cristina, via de acesso que liga Belo Horizonte a Contagem (FIGURA 20).

Os riscos de inundações não podem ser totalmente evitados, eles precisam ser geridos e, de acordo com Tingsanchaki (2012) o principal objetivo da gestão urbana do risco de inundação é minimizar perdas humanas e prejuízos econômicos.

Figura 20 – Alagamento da Av. Tereza Cristina, próximo ao bairro Betânia e Cidade Industrial após temporal do dia 19 de janeiro de 2020



Fonte: BOMBEIROS, 2020.

### **3.5 Medidas de Amortecimento de inundações**

Em termos gerais, os projetos de drenagem urbana tradicionais, baseados em medidas de intervenções estruturais, tendem a perder a sua eficiência ao longo do tempo, por não atenderem à demanda urbana por infraestrutura, na medida em que a cidade se desenvolve (REZENDE, 2010).

Como os investimentos para manter os sistemas de drenagem funcionando adequadamente tendem a ficar cada vez mais onerosos, os projetos de drenagem urbana e

controle das inundações resumem-se a ações emergenciais, esporádicas e definidas apenas após a ocorrência de desastres (POMPEO, 2000).

Macedo (2009), afirma que durante 100 anos, desde a inauguração da cidade de Belo Horizonte, a canalização foi usada como método de controle de cheias e, somente em 2003, após a implantação do DRENURBS (Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos dos Vales em Leito Natural em Belo Horizonte), houve a inserção de novas abordagens na dinâmica da drenagem da cidade, propondo, principalmente, o tratamento integrado dos problemas sanitários, ambientais e sociais nas bacias hidrográficas voltados para cursos d'água ainda em leito natural e não canalizados (PBH, 2003).

De acordo com a Prefeitura de Belo Horizonte, são desenvolvidas ações permanentes de gestão do risco de inundações e de proteção da população contra desastres dessa natureza, durante todo o ano; são trabalhos de limpeza, vistoria e monitoramento de áreas de risco e alertas. Ao longo do período de estiagem, diversas intervenções e manutenções, coordenadas pela SUDECAP, são realizadas em bacias de retenção e galerias, bem como ampliações de canais em córregos (PBH, 2017).

De acordo ainda com a PBH (2020), estão sendo executadas obras de construção de duas bacias de concreto armado, com a função de reter e controlar a vazão da água dos córregos e, por conseguinte, reduzir os riscos de inundações no encontro das avenidas Vilarinho e Doutor Álvaro Camargos, situadas na regional Venda Nova.

Apesar de o método ter se mostrado falho ao longo dos anos na capital, vê-se que continuam sendo aplicadas medidas estruturais ininterruptamente, em detrimento de medidas que poderiam separar os esgotos dos canais de drenagem fluvial, por exemplo, e com isso possibilitar a reabilitação desses enquanto corpos hídricos e seu ecossistema.

Em outros locais, as medidas de amortecimento estão adotadas na contramão das propostas estruturais de canalização da cidade de Belo Horizonte. Hale e Adms (2007), mencionam que nos Estados Unidos, as intervenções no rio Wisconsin tiveram como objetivos a proteção da beleza cênica e dos recursos naturais do vale, assim como a criação de áreas de recreação.

Cardoso (2008), mostra que na Alemanha, devido às diversas intervenções antrópicas no rio Elba (como estabilização das margens, construção de contenções, etc.) foi criada uma área de reserva ao longo de 78 km do seu médio curso (*The Middle Elbe Biosphere Reserve*).

No território belga, no rio Tongelreep, para reduzir os impactos decorrentes das atividades humanas de canalização e regularização por meio de barragens do seu curso

d'água, teve uma proposta de intervenção que buscou como objetivo principal o desenvolvimento de processos espontâneos e naturais de erosão e sedimentação, inundação, infiltração e sucessão natural da vegetação (RIJEN; JASPERE, 1998).

Fonseca, Nascimento e Longo (2006) mostram exemplos adotados no Brasil, como alternativa de controle de enchentes na região Metropolitana de Curitiba, onde reservatórios para abastecimento de água nas cabeceiras dos rios Iraí e Piraquara, e confinamento do escoamento através de diques, envolveu a transferência do volume de água do leito maior para o leito menor ou para uma largura definida; em Porto Alegre, os 72 km de orla fluvial dentro do território municipal, com desague sobre o Lago Guaíba, tem o controle de cheia das áreas baixas protegidas por diques (pôlderes) através do bombeamento das águas pluviais; no Rio de Janeiro, destacam-se as ações estruturais através de bacias de retenção, no rio Orfanato destaca-se a utilização do reservatório para múltiplas funções, tais como campo de futebol, quadra de esportes e outras opções de lazer a serem utilizadas no período seco.

Canholi (2005), relata que na região metropolitana de São Paulo, até o ano de 2003, foram construídas 33 bacias de retenção, denominadas piscinões, com volume de retenção de cheia total de 4,5 milhões de metro cúbicos, além de ações voltadas à restauração de rios urbanos.

Riley (1998) observa que, ao contrário dos projetos convencionais de intervenção em cursos de água – que geralmente visam ao atendimento de um único objetivo (como o controle de inundações, por exemplo) – os projetos de recuperação devem atender objetivos múltiplos, gerando grandes benefícios para a comunidade.

Outras abordagens no planejamento urbanístico das cidades propõem equilibrar as atividades necessárias para a manutenção da cidade com o respeito ao meio ambiente. Howard (1965 *apud* SANTOS; CAVASSAN; BATTISTELLE, 2010), insere nesse sentido um novo conceito, o qual constituiu-se o movimento urbanístico mais utilizado no planejamento de novas cidades, principalmente para a reconstrução da Inglaterra - pós-guerra mundial – trata-se das cidades jardins: que são definidas com um traçado informal e orgânico das ruas, com amplos recuos entre as edificações, acessos secundários em *cul de sac* (beco sem saída – tradução da autora) e grande quantidade de jardins e passeios públicos, repletos de gramados e árvores.

Outra medida de proteção contra enchentes, conservação ambiental e recreação é a proposta de criação de parque lineares ao longo de cursos d'água que têm sido bastante difundidas em muitos países, como Inglaterra, Holanda e Estados Unidos (HICKIE, 1998; RIJEN; JASPERSE, 1998; BISCHOFF, 1995 citados por CARDOSO, 2008).

Em Belo Horizonte, os eventos de inundações e enchentes ocorrem em todas as regionais administrativas da cidade, tanto na bacia de ocupação mais antiga do Ribeirão Arrudas, como na bacia de ocupação mais recente, do Ribeirão Onça. E, independente do índice pluviométrico, há registros de ocorrências para diferentes taxas de precipitação.

Ainda que o volume pluviométrico contribua para a formação dos processos de enchentes, o condicionante principal deflagrado é a canalização dos cursos d'água que contribuem por acelerar a velocidade de escoamento hidráulico dos canais e, com isso, congestionar trechos a jusante que recebem confluência de outras conexões de canais de drenagem. Soma-se a isso, as taxas de impermeabilização do solo elevadas, e a utilização dos fundos de vale como vias de tráfego e trânsito de veículos. Tais áreas, em circunstâncias naturais, são responsáveis pela retenção do escoamento, infiltração da água precipitada no solo, abastecimento subterrâneo e controle de cheias.

Além de desconsiderar esses aspectos, as medidas estruturais tão adotadas na cidade de Belo Horizonte não previram como amortecimento de inundações urbanas desocupar as áreas, meandros e encostas dos cursos d'água pois, conforme analisado, os processos de cheias são fenômenos naturais, bem como as características da bacia hidrográfica, fundamentais para a espacialização do escoamento e tempo de concentração.

Os equipamentos de drenagem, por sua vez, em Belo Horizonte, não se comportam eficientemente ao longo do tempo, pois seu dimensionamento é limitado, exige manutenções, limpezas e constante atenção. Ainda assim, o crescimento da cidade persiste e as obras de intervenção estruturais nos canais seguem sendo aplicadas.

## 4 CONCLUSÃO

Na cidade de Belo Horizonte, o processo de urbanização ocupou o lugar dos córregos e ribeirões. Os vazios existentes nos fundos dos vales foram apropriados para a incorporação de loteamentos e construção de eixos viários, gerando alto índice de impermeabilização do solo da bacia hidrográfica.

A adoção do sistema de canalizações e retificação dos cursos d'água na cidade diminuíram o comprimento dos cursos d'água, impondo velocidades nos canais hidráulicos e congestionando trechos a jusante de confluências, resultando em áreas suscetíveis a enchentes, inundações e alagamentos.

Portanto, a formação de enchentes e inundações na cidade de Belo Horizonte, MG está relacionada à sequência de intervenções no espaço da bacia hidrográfica que o município está inserido, pois as transformações urbanísticas no município priorizaram as medidas estruturais intensivas através da abertura de canais ou galerias, impermeabilização do solo e a aceleração do escoamento superficial.

Os efeitos dessas práticas resultam no aumento significativo dos picos de enchente em relação à condição natural e, principalmente, a migração do problema para áreas jusantes.

É preciso que o modelo de gestão das águas de Belo Horizonte seja revisto e algumas sugestões, de acordo com o levantamento realizado neste trabalho seriam: proibir novas canalizações; fazer “descanalizações” para que os cursos d'água possam correr livres no seu leito natural; aumentar a permeabilidade do solo; promover a reabilitação de rios considerando a restauração das suas condições hidrológicas, restauração do ecossistema e de áreas de preservação.



## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. C. B.; SANTOS, R. E. **A doutrina higienista e as canalizações de cursos d'água: o caso de Belo Horizonte.** In: ENANPUR, 18., NATAL. 2019. Disponível em: <http://anpur.org.br/xviii/anpur/anaisadmin/capapdf.php?reqid=760>. Acesso em: 1 abr. 2020.
- ALMEIDA, L. Q.; CARVALHO, P. F. Riscos naturais e sítio urbano: inundações na bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.11, n. 2, p. 35-49, 2010. Disponível em: <http://lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/150/144>. Acesso em: 27 maio 2020.
- AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Enchentes e Inundações. In: TOMINAGA, L.K; SANTORO, J; AMARAL, R. (orgs). **Desastres Naturais, conhecer para prevenir.** São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 40-53.
- AMORIM, M. F. de; QUELHAS, O. L. G.; MOTTA, A. L. T. S. da. A resiliência das cidades frente a chuvas torrenciais: estudo de caso do plano de contingência da cidade do Rio de Janeiro. **Soc. Nat.**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 519-534. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1982-45132014000300519&lang=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132014000300519&lang=pt). Acesso em: 20 maio 2020.
- ANDRADE, C. R. M. de. *Putrid miasmata: higienismo e engenharia sanitária no século XIX.* **Cadernos de Arquitetura, Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo**, ano 1, n. 2, p. 28-39, jul./dez. 1996. Bauru: FAAC, UNESP, 1996. Disponível em: [https://www3.faac.unesp.br/cadernosdearquitetura/sumario\\_index.html](https://www3.faac.unesp.br/cadernosdearquitetura/sumario_index.html). Acesso em: 1 abr. 2020.
- ANGOTTI-SALGUEIRO, H. O pensamento francês na fundação de Belo Horizonte. In: ANGOTTI-SALGUEIRO, H. (org.). **Cidades capitais do século XIX: racionalidade e transferência de modelos.** São Paulo, EDUSP, 2001.
- ARAUJO, V. P. A; COSTA, E. C. D. Os rios como problema: Política pública e a habitabilidade em uma perspectiva democrática. **Revista Eletrônica do Arquivo Público da Cidade de Belo Horizonte**, v. 6, n. 6, dez. 2019. p. 104-135. Disponível em: [https://issuu.com/apcbh/docs/reapcbh\\_v.6\\_b4effdaa3f60a3](https://issuu.com/apcbh/docs/reapcbh_v.6_b4effdaa3f60a3). Acesso em: 1 abr. 2020.
- AROEIRA, R. M. Recuperação ambiental de bacias hidrográficas, Belo Horizonte, Brasil. In: MACHADO, Antônio Thomaz Gonzaga da Matta; VIEIRA, Daniela Campolina, Procópio, José de Castro (orgs.). **Bacia hidrográfica como instrumento pedagógico para a transversalidade.** Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, 2011.
- ASCHER, F.; SOMEKH, N. **Os novos princípios do urbanismo.** São Paulo: Romano Guerra, 2010. 104 p.
- AUGUSTO, P.; REIS, S. **Impactos hidrometeorológicos entre 2009-2012 a partir das ocorrências registradas pela Coordenadoria Municipal de Defesa Civil (COMDEC-PBH) em Belo Horizonte – MG.** 15 f. Monografia (Geografia e Análise Ambiental) – Centro Universitário de Belo Horizonte – UNIBH, Belo Horizonte, 2012.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; RAMOS, M. H.; CHAMPS, J. R. B. Aspectos da evolução da urbanização e dos problemas de inundação em Belo Horizonte. *In*: BRAGA, B., TUCCI, C., TOZZI, M.. (org.). **Drenagem urbana: gerenciamento, simulação, controle**. Porto Alegre, RS: ABRH; Editora da Universidade, 1998. p. 39-50.

BARROS, M. T. L. **Drenagem Urbana: Bases Conceituais e Planejamento**. *In*: PHILIPPI J. A. (org.). Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, (SP): Manole, USP, 2005. P. 221 - 265.

BELO HORIZONTE. Lei 11.181 de 08 de agosto de 2019. **Plano Diretor**. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/planejamento-urbano/plano-diretor/proposta>. Acesso em: 25 mar. 2020.

Corpo de BOMBEIROS. **Jornal Hoje em dia**. Disponível em: <https://www.hojeemdia.com.br/horizontes/avenida-teresa-cristina-%C3%A9-bloqueada-pela-nona-vez-desde-outubro-veja-v%C3%ADdeo-1.767714>. Acesso em: 30 abr. 2020.

BORSAGLI, A. **A metrópole no Horizonte: O desenvolvimento urbano de Belo Horizonte na Era Vargas 1930/1945**. Revista Eletrônica do Arquivo Público de Belo Horizonte, número 2, fevereiro de 2015, p. 24. Disponível em: <[https://issuu.com/apcbh/docs/reapcbh\\_2015](https://issuu.com/apcbh/docs/reapcbh_2015)>. Acesso jan. de 2019.

BORSAGLI, A. **Rios Invisíveis da metrópole mineira**. Belo Horizonte: Ed. Do autor, 2016.

BORSAGLI, A.; BERNARDES, B. M. Sob o asfalto do progresso: Os rios invisíveis da zona urbana de Belo Horizonte. **Revista Eletrônica do Arquivo Público da Cidade de Belo Horizonte**, n. 03, set. 2016, p. 24-45. Belo Horizonte, MG. Disponível em: [https://issuu.com/apcbh/docs/reapcbh\\_numero\\_03\\_2016](https://issuu.com/apcbh/docs/reapcbh_numero_03_2016). Acesso em: 30 abr. 2020.

BORSAGLI, A.; MEDEIROS, F.G. L. Os córregos e a Metrópole: a inserção no espaço urbano dos cursos d'água que atravessam a zona urbana de Belo Horizonte. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA URBANA, 12., 2011, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <https://pt.scribd.com>. Acesso em: 13 jan. 2019.

BORSAGLI, A. Os Rios de Belo Horizonte. **Revista Eletrônica do Arquivo Público da Cidade de Belo Horizonte**, Belo Horizonte, p. 260-267 2014. Disponível em: [https://issuu.com/piseagrama/docs/escavar\\_o\\_futuro\\_final\\_web/262](https://issuu.com/piseagrama/docs/escavar_o_futuro_final_web/262). Acesso em: 15 mar. 2020.

BOTELHO ALMEIDA, D. de C. **Belo Horizonte underground: os sistemas de saneamento e as canalizações dos cursos d'água da Nova Capital de Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. **Recursos Hídricos e Planejamento Regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Regional; DEPLAN, 2003. 131 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Desastres naturais e saúde: análise do cenário de eventos hidrológicos no Brasil e seus potenciais impactos sobre o Sistema Único de Saúde. **Boletim Epidemiológico**, v. 49, n. 10, p. 1-3, 2018.

CAJAZEIRO, J. M. D. **Análise da susceptibilidade à formação de inundações nas bacias e áreas de contribuição do ribeirão Arrudas e córrego da Onça em termos de índices morfométricos e impermeabilização.** 2012. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufmg.br/handle/1843/MPBB-8THHT4>. Acesso em: 8 mar. 2020.

CANHOLI, A. P.; **Drenagem urbana e controle de enchentes.** São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 302p.

CANIL, K.; LAMPIS, A.; SANTOS, K. L.; **Vulnerabilidade e a construção social do risco: uma contribuição para o planejamento na macrometrópole paulista.** São Paulo. 2020. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2236-99962020000200397&lang=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2236-99962020000200397&lang=pt). Acesso em: 19 maio 2020.

CAPUTO, U. K.; MOURA, P. M.; NASCIMENTO, N. de O. **Avaliação do potencial de utilização de trincheiras de infiltração em espaços com urbanização consolidada/ estudo de caso do município de Belo Horizonte - MG.** 2012. 138 f. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-95WFD9>. Acesso em: 25 mar. 2020.

CARDOSO, A. S. **Desenvolvimento de metodologia para avaliação de alternativas de intervenção em cursos de água em áreas urbanas.** 2008. 197 f.. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/499M.PDF>. Acesso em: 30 abr. 2020.

CARNEIRO, J. B. **Planta da parte urbana da Cidade de Minas.** Arquivo Público Mineiro. 1895. Dimensões 67,0 X 93,0 cm. Disponível em: [http://www.comissaoconstrutora.pbh.gov.br/exe\\_dados\\_documento.php?intCodigoDoc=SA%20014&strTipo=MAPAS%20E%20PLANTAS#](http://www.comissaoconstrutora.pbh.gov.br/exe_dados_documento.php?intCodigoDoc=SA%20014&strTipo=MAPAS%20E%20PLANTAS#). Acesso em: 5 jun. 2020.

CARSALADE, F. de L.; **Pampulha.** [s. l.]: Conceito. 2007.

CARVALHO, MACEDO; OGURA, organizadores. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.** Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 2007. 176 p

CASTRO, T. O.; NASCIMENTO, B. F. O.; TORRES, F. S. Inundações urbanas na cidade de Vitória da Conquista, Estado da Bahia. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL*, 6., 2015, Porto Alegre, RS. **Anais [...]**. Porto Alegre, RS, 2015. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/IX-003.pdf>. Acesso em: 27 maio 2020.

CAVALCANTE, L. V. B. **A bacia do Rio Arrudas (manuscrito): análise das inundações entre 1930 a 2005 no município de Belo Horizonte/MG.** 2011. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/MPBB-8THHLK>. Acesso em: 5 mar. 2020.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS (COPASA); FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (FJP); INSTITUTO ESTADUAL DO PATRIMONIO HISTORICO E ARTISTICO DE MINAS GERAIS (IEPHA). **Saneamento básico em Belo Horizonte: trajetória em 100 anos: os serviços de água e esgoto: Saneamento e paisagem urbana.** Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro; Centro de Estudos Históricos e Culturais, 1996. (Coleção Belo Horizonte, Fascículo 5).

COSTA, A. M. **Análise histórica do saneamento no Brasil.** 1994. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação da ENSP, Fiocruz, Rio de Janeiro, 1994.

COSTA, H. S. de M. Habitação e produção do espaço em Belo Horizonte. *In*: MONTE-MOR, Roberto Luís (coord.). **Belo Horizonte: espaços e tempos em construção.** Belo Horizonte: CEDEPLAR; PBH, 1994. p. 51-78. (Coleção BH 100 anos).

CRUZ, S. H. R. **Grandes projetos urbanos em metrópoles amazônicas: segregação social e moradia em Belém e Manaus.** 2012. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Desenvolvimentos Sustentável no Trópico Úmido, Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.

DAEE. Departamento de Água e Energia Elétrica. **Plano diretor de macrodrenagem da bacia hidrográfica do Alto Tietê.** São Paulo: ENGER; PROMON; CKC, 1999.

DUNNE, T.; LEOPOLD, L. **Water in environment planning.** San Francisco, CA: W.H. Freeman and Company, 1978. 818p

EPA. AGÊNCIA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS. **Stream Corridor Restoration: principles, processes and practices.** Washington: Environmental Protection Agency, 1998.

FERREIRA, L. L. B; GOMES, C. S.; JÚNIOR A. P. M. Contradições entre ações públicas municipais de controle de inundações e as de proteção de sistemas hídricos em Belo Horizonte (MG): O caso do parque ecológico do Brejinho. 2019. **Revista eletrônica do Arquivo Público da Cidade de Belo Horizonte**, v. 6, n. 6, p. 138-156, dez. 2019. Disponível em: [https://issuu.com/apcbh/docs/reapcbh\\_v.6\\_b4effdaa3f60a3](https://issuu.com/apcbh/docs/reapcbh_v.6_b4effdaa3f60a3). Acesso em: 1 abr. 2020.

FERREIRA, V. O. **Eventos pluviais concentrados em Belo Horizonte – MG: caracterização genética e impactos físicos-ambientais.** 1996. 150f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1996.

FONSECA, P. L; NASCIMENTO, E. A.; LONGO, O. C. Gestão ambiental de bacias hidrográficas: medidas não convencionais no controle de cheias urbanas: principais aspectos, considerações e ações integradas. *In*: SIMPEP, 13., 2006, Bauru, SP. **Anais [...].**Bauru, SP, 6 a 8 de novembro de 2006. Disponível em: [https://simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/258.pdf](https://simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/258.pdf). Acesso em: 30 abr. 2020.

FJP. FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Saneamento básico Belo Horizonte: trajetória em 100 anos – os serviços de água e esgoto.** Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro; Centro de Estudos Históricos e Culturais, 1997.

GIACOMINI, F. C. **Além das Palafitas**: espacialidade de edificações em encosta e sua relação com a legislação de Belo Horizonte. 2005. 327 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2005. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/RAAO-76CPUH>. Acesso em: 30 mar. 2020.

HALE, N. W.; ADMAS, M.S. Ecosystem management and the conservation of river-floodplain systems. **Landscape and Urban Planning**, v.80, p.23-33, 2007.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censos Demográficos de 1940 a 2010, taxa de crescimento urbano. 2007. Anuário Estatístico do Brasil. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>. Acesso em: 20 nov. 2018

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama**, Brasil, Minas Gerais, Belo Horizonte. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/panorama>. Acesso em: 15 mar. 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos Municípios Brasileiros**. Rio de Janeiro, RJ. 2013. p. 282. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Perfil\\_Municipios/2013/munic2013.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Perfil_Municipios/2013/munic2013.pdf). Acesso em: 21 mar. 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Rio de Janeiro, RJ**: malha municipal digital. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/.html>. Acesso em: 2 fev. 2012.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Belo Horizonte – MG**. [s. l.]: CPRM, 2015. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/14916>. Acesso em: 19 maio 2020.

JARDIM, C. H.; PARIZZI, M. G.; SIMÕES, J. G. G.; ZANOVELLO, R. Análise do risco de enchentes e inundações na av. Cristiano Machado, Belo – MG. **Revista Geonorte**, Belo Horizonte, nesp. 2, v.1, n.5, p. 867-880, 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/260518240\\_Analise\\_de\\_Enchente\\_e\\_Inundacao\\_na\\_Av\\_Cristiano\\_Machado\\_-\\_Belo\\_Horizonte](https://www.researchgate.net/publication/260518240_Analise_de_Enchente_e_Inundacao_na_Av_Cristiano_Machado_-_Belo_Horizonte). Acesso em: 25 mar. 2020.

JASPERSE, P. Policy Networks and the Success of Lowland Stream Rehabilitation Projects in the Netherlands. In: WADE, P.M; LARGE, A.R.G.; WALL, L.C. de. **Rehabilitation of Rivers**: principles and implementation. Reino Unido: John Wiley & Sons Ltda, 1998. p.13-29.

KUBITSCHKEK, J. **Belo Horizonte na palavra do prefeito Juscelino Kubitschek**. [Acervo Público]. Belo Horizonte: Prefeitura de Belo Horizonte; Fundação Municipal de Cultura, 1944. 36f. Disponível em: <https://issuu.com/apcbh/docs/c17-r-001?layout=http%25253A%25252F%25252Fskin.issuu.com%25252Fv%25252Fflight%25252Flayout.xml&showFlipBtn=true>. Acesso em: 30 mar. 2020.

LEITURA. Belo Horizonte cidade completamente saneada. **Revista Leitura**, Belo Horizonte, n. 22, ano 3, p. 55-61, ago. 1942. [Acervo Público da Cidade de Belo Horizonte]. Disponível em: <https://issuu.com/apcbh/docs/c17-q-007?layout=http%25253A%25252F%25252Fskin.issuu.com%25252Fv%25252Fflight%25252Flayout.xml&showFlipBtn=true>. Acesso em: 1 abr. 2020.

LIMA, P. R. B. A planta geral da cidade de Minas e algumas considerações sobre o projeto e o meio ambiente. **Revista Eletrônica do Arquivo Público da Cidade de Belo Horizonte**, Belo Horizonte, v. 3, n. 3, 2016.

LORENZON, A. S. *et al.* Influência das características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Benevente nas enchentes no município de Alfredo Chaves-ES. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 10, n. 1, p. 195-206, mar, 2015. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-993X2015000100195&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2015000100195&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 21 maio 2020.

LUCAS, T. de P. B.; ABREU, M. L. de.; PARISI, M. G. **Gêneses e espacialidades das precipitações nas estações chuvosas de 2010/2011 e 2011/2012 em Belo Horizonte, Minas Gerais, e suas correlações com os impactos hidrológicos**. 2015. 301 f. Tese (doutorado) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-AD7Q3F>. Acesso em: 12 fev. 2019.

LUCAS, T. P. B.; AUGUSTO, P. REIS, S.; ROCHA, C. C. Impactos hidrometeorológicos em Belo Horizonte – MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 11, v. 16, p. 2237-8642, jan./jul. 2015. ISSN: 1980-055x. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/download/37051/25982>. Acesso em: 11 mar. 2020.

MACEDO, D. R. **Avaliação de projeto de restauração de curso d'água em área urbanizada**: estudo de caso no Programa Drenurbs em Belo Horizonte. 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado em Análise Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-7SVN2H>. Acesso em: 26 mar. 2020.

MAIA, A. C. N.; SEDREZ, L. Narrativas de um Dilúvio Carioca: Memória e Natureza na Grande Enchente de 1966. **História Oral**, v. 2, n. 14, p. 221-254, jul. /dez. 2011. Disponível em: <file:///C:/Users/Lorrany%20Alves/Documents/Monografia/239-766-1-PB.pdf>. Acesso em: 28 maio 2020.

MARQUES, Y. L.; MONTE-MÓR, R. Metropolização, meio ambiente e qualidade de vida. *In*: MONTE-MÓR, R. (coord.). Belo Horizonte: espaços em construção. Belo Horizonte: CEDEPLAR, 1994.

MARTINS, M. L. R. **Moradia e mananciais**: tensão e diálogo na metrópole. São Paulo: FAUUSP; Fapesp, 2006.

MELO, A. C. A. Reflexões sobre a história social dos rios no processo de produção do espaço de Belo Horizonte. **Revista Eletrônica do Arquivo Público da Cidade de Belo Horizonte**, Belo Horizonte, v. 6, n. 6, dez. 2019. p.11-33. Disponível em: [https://issuu.com/apcbh/docs/reapcbh\\_v.6\\_b4effdaa3f60a3](https://issuu.com/apcbh/docs/reapcbh_v.6_b4effdaa3f60a3). Acesso em: 21 mar. 2020.

MENEZES FILHO, F. C. M. de; AMARAL, D. B. Histórico de expansão urbana e ocorrência de inundações na cidade de Cuiabá-MT. **Soc. Nat.**, Uberlândia, v. 26, n. 1, p. 159-170, abr. 2014. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1982-45132014000100159&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132014000100159&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 19 maio 2020. <https://doi.org/10.1590/1982-451320140111>.

MESQUITA, Y. M. **Jardim de asfalto: água, meio ambiente, canalização e as políticas públicas de saneamento básico em Belo Horizonte, 1948-1973**. 2013. Dissertação (Mestrado em História) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

MESQUITA, Y. M. **Os rios e a cidade: espaço, sociedade e as políticas públicas em relação ao saneamento básico em Belo Horizonte: 1964 – 1973**. **Rev. Espacialidades** (online), v. 3 n. 2, 2010.

MONTEIRO, C. A. F. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil)**. 1969. 65f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1969.

MORAIS, P. H. A. de; CARSALADE, F. de L. **Cidade e Arquitetura na América Latina em três tempos e alguns corolários norte-americanos: 1492 - 1880 - 1929**. 2014. 139 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-9UNG3H>. Acesso em: 30 abr. 2020.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

NOJI E. K. (ed). **Impacto de los desastres em la salud publica**. Washington (DC): Organización Panamericana de la Salud, 2000.

PBH. PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **BH em Pauta: Prevenção contra inundações**. 2017. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/bh-em-pauta-prevencao-contrainundacoes>. Acesso em: 2 abr. 2020.

PBH. PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Cartas de Inundação**. 2019. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/informacoes/diretoria-de-gestao-de-aguas-urbanas/cartas-de-inundacoes>. Acesso em: 28 abr. 2020.

PBH. PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Gestão de águas urbanas em Belo Horizonte. 2016**. Disponível em: <http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/renato2003.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2020.

PBH. PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Plano Municipal de Saneamento – PMS 2016-2019**. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/informacoes/publicacoes/plano-de-saneamento>. Acesso em: 9 mar. 2020.

PBH. PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Prefeitura publica edital para mais uma etapa de obras na avenida do Vilarinho**. 10 mar. 2020. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/prefeitura-publica-edital-para-mais-uma-etapa-de-obras-na-avenida-vilarinho>. Acesso em : 28 abr. 2020.

PBH. PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Relatório de viabilidade socioambiental do programa DRENUBS**. 2003. Belo Horizonte, MG. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, Secretaria Municipal de Política Urbana, 2003. 77 p.

PBH. PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Planos diretores Regionais**. 2019. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/planejamento-urbano/plano-diretor/regionais>. Acesso em: 3 mar. 2020

PERDIGÃO, T. S.; LEMOS, C. B. **Tradição urbanística monumental**: repercussões da experiência francesa do século XVII até a era napoleônica na atuação de Grandjean de Montigny no Rio de Janeiro no século XIX. 2019. 261 f. Dissertação (mestrado) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/MMMD-BBYKL7>. Acesso em: 30 maio 2020.

PHILLIPI, A. J.; MALHEIROS, T. F. Saneamento e Saúde Pública: Integrando homem e ambiente. *In*: PHILIPPI J. A. (org.) **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, (SP): Manole; USP, 2005. p. 3-31.

PHILLIPI, A. J.; SALLES, C. P.; SILVEIRA, V. F. Saneamento do Meio em Emergências Ambientais. *In*: PHILIPPI J. A. (org.) **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri, (SP): Manole, USP, 2005. p. 553-584.

PINTO, Nelson Luiz de Sousa. **Hidrologia básica**. São Paulo: E. Blucher, 1986; c1976. 278p.

PINTO, F. M. **A invenção da Cidade Nova do Rio de Janeiro**: agentes, personagens e planos. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.

PLANTA Geral de Belo Horizonte. Acervo Público da Cidade de Belo Horizonte. 1895. Belo Horizonte. Dimensões 12,1 cm X 18 cm. Disponível em: [http://www.comissaoconstrutora.pbh.gov.br/exe\\_dados\\_documento.php?intCodigoDoc=CCFot1895%20007&strTipo=FOTOGRAFIAS#](http://www.comissaoconstrutora.pbh.gov.br/exe_dados_documento.php?intCodigoDoc=CCFot1895%20007&strTipo=FOTOGRAFIAS#) . Acesso em: 8 mar. 2020.

PMS. PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO DE BELO HORIZONTE. 2016/2019. 2016. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/PMS%202016%20-%202019%20%E2%80%93%20Volume%20I%20%E2%80%93%20Texto.pdf> . Acesso em: 7 mar. 2020.

POMPEO, C. A. **Drenagem Urbana Sustentável**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 15-23, jan./mar 2000.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Escrituras, 2006. 748 p.

REIS, P. E.; PARISI, M. G. **O escoamento superficial como condicionante de inundação em Belo Horizonte, MG: estudo de caso da sub-bacia córrego do Leitão, bacia do ribeirão Arrudas**. 2011. 133 f. Dissertação (mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-8JAJ8X>. Acesso em: 15 mar. 2020.



RESENDE, S. C. **O Saneamento no Brasil: políticas e interfaces**. 2 ed. Rev. e ampl. Belo Horizonte: UFMG, 2008.

REVISTA BH na palavra do prefeito Juscelino Kubistchek. Av. Silviano Brandão. 1944. p.15. [Acervo Público da Cidade de Belo Horizonte]. Disponível em: <https://issuu.com/apcbh/docs/c17-r-001?layout=http%25253A%25252F%25252Fskin.issuu.com%25252Fv%25252Fflight%25252Flayout.xml&showFlipBtn=true>. Acesso em: 1 abr. 2020.

REVISTA BH na palavra de prefeito Juscelino Kubistchek. Lago da Pampulha. [Acervo Público da Cidade de Belo Horizonte], 1944, p. 20. Disponível em: <https://issuu.com/apcbh/docs/c17-r-001?layout=http%2525253A%2525252F%2525252Fskin.issuu.com%2525252Fv%2525252Flight%2525252Flayout.xml&showFlipBtn=true>. Acesso em: 2 abr. 2020.

REZENDE, O. M. **Manejo sustentável de águas pluviais: uso de paisagens multifuncionais em drenagem urbana para controle de inundações**. 2010. 104 f. Monografia (Especialização) – Instituto de Geociências/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

RIBERA, G. G. **Trecho da Canalização do córrego de Leitão entre as ruas Gonçalves Dias e Alvarenga Peixoto em Belo Horizonte, MG. 1931 APM (Acervo Público Mineiro)**. Disponível em: [http://www.siaapm.cultura.mg.gov.br/modules/fotografico\\_docs/photo.php?lid=30560](http://www.siaapm.cultura.mg.gov.br/modules/fotografico_docs/photo.php?lid=30560). Acesso em: 22 mar. 2020.

RILEY, A. L. **Restoring streams in Cittyies: A Guide for Planners, Policemakers, and Cittizens**. Washington, D.C.: Island Press, 1998. 423p.

RODRIGUES NETO, E. X.; LIMA, A. J. Representações sócio-espaciais sobre áreas de intervenção de grandes projetos urbanísticos: Diferentes modos de apropriação e relação de agentes sociais sobre a área do programa lagoas do norte em Teresinha – PI. **Geografia em Questão**, Teresinha, v. 11, n. 1, p. 106-130, 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/Lorrany%20Alves/Documents/Monografia/17897-70311-1-PB.pdf>. Acesso em: 21 maio 2020.

SAISP. SISTEMA DE ALERTA A INUNDAÇÕES DE SÃO PAULO. **Relatório de sistemas de inundação de alerta da cidade de São Paulo**. São Paulo: SAISP, 2000.

SALES, A. A. M. Coleção João Gusman Júnior: registro das obras de Saneamento em Belo Horizonte. **Revista Eletrônica do Arquivo Público de Belo Horizonte – REAPCBH**, Belo Horizonte, v. 6, n. 6, 2019. Disponível em: [https://issuu.com/apcbh/docs/reapcbh\\_v.6\\_b4effdaa3f60a3](https://issuu.com/apcbh/docs/reapcbh_v.6_b4effdaa3f60a3). Acesso em: 31 mar. 2020.

SALLES, J. **Trabalhos de tubulação no Ribeirão Arrudas**. [Acervo Público da Cidade de Belo Horizonte]. 1896. Dimensões 30,1 cm x 36,4 cm. Disponível em: [www.comissaoconstrutora.pbh.gov.br/exe\\_dados\\_documento.php?intCodigoDoc=CCFot1896007&strTipo=FOTOGRAFIAS#](http://www.comissaoconstrutora.pbh.gov.br/exe_dados_documento.php?intCodigoDoc=CCFot1896007&strTipo=FOTOGRAFIAS#). Acesso em: 8 mar. 2020.

SANTOS, F. A. A invasão das águas ou as águas invadidas: a construção social e econômica das enchentes na cidade de São Paulo (1875-1963). *In: Simpósio Nacional de História ANPUH, 27.*, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo, jul. 2011. Disponível em: [http://www.snh2011.anpuh.org/resources/anais/14/1308075274\\_ARQUIVO\\_SANTOS\\_F\\_A\\_Texto\\_Anpuh\\_2011.pdf](http://www.snh2011.anpuh.org/resources/anais/14/1308075274_ARQUIVO_SANTOS_F_A_Texto_Anpuh_2011.pdf). Acesso em: 21 maio 2020.

SANTOS, M. F. N.; CAVASSAN, O.; BATTISTELLE, R. A. G. A cidade e as serras: Eça de Queiroz e a construção do pensamento ambiental. **Arquitextos**, São Paulo, ano 11, set. 2010 Disponível em: <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/10.124/3574>>. Acesso em: 30 maio 2020.

SANTOS, R. F. (org.) **Vulnerabilidade Ambiental**. 2.ed. Brasília: MMA, 2007. 192 p.

SILVA, H. M. M. B. **Terra e moradia: que papel para o município?** 1997. Tese (doutorado) – Pós-Graduação em Estruturas Ambientais Urbanas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

SILVA, M. M. A. Aos destituídos, as cabeceiras: o lugar das favelas em Belo Horizonte. **Revista UFMG**, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p. 24 -123, 2013.

SILVEIRA, A. I. I. Hidrologia Urbana no Brasil. *In: DRENAGEM Urbana: gerenciamento, simulação, controle – 1998*. Porto Alegre: UFRGS, 1998. (ABRH publicação, n. 3).

SIMÕES JUNIOR, J. G. O ideário dos engenheiros e os planos realizados para as capitais brasileiras ao longo da Primeira República. **Arquitextos**, São Paulo, ano 8, nov. 2007 Disponível em: <https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.090/190>. Acesso em: 31 maio 2020.

SIQUEIRA, A. O aniversário de Belo Horizonte. [Acervo Público da Cidade de Belo Horizonte]. **Revista Belo Horizonte**, Belo Horizonte, n. 145, p. 1-143, jan. 1943. Disponível em: <https://issuu.com/apcbh/docs/c.15-x-045?layout=http%25253A%25252F%25252Fskin.issuu.com%25252Fv%25252Fflight%25252Flayout.xml&showFlipBtn=true>. Acesso em: 1 abr. 2020.

TEIXIERA, J. G.; SOUZA, J. M. Espaço e sociedade na Grande BH. *In: MENDONÇA, J. G.; GODINHO, M. H. L. (orgs.). População, espaço e gestão na metrópole: novas configurações, velhas desigualdades*. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p.19-42.

TERESINA. PREFEITURA MUNIICIPAL. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação Geral. Avaliação ambiental do Programa de Melhoria da qualidade ambiental de Teresina: Programa Lagoas do Norte. *In: Relatório de Avaliação Ambiental – RAA*. Teresina, março de 2007.

THORNE, C. R; HEY, R. D; NEWSON, M. D. Applied fluvial geomorphology for river engineering and management. **Chichester**, New York: John Wiley, 1997. 376 p.

TINGSANCHALI, T. Urban flood disastermanagement. *Procedia Engineering*, v. 32, p. 25-37, 2012.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 943p

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas: Interfaces no Gerenciamento. *In*: PHILIPPI J. A. (Org.) **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, (SP): Manole; USP, 2005. p. 375-411.

UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais. Projeto Manuelzão – DRENUBS. Bacia do Ribeirão Arrudas e seus afluentes. 2001. Disponível em: <https://manuelzao.ufmg.br/biblioteca/bacia-do-ribeirao-arrudas-e-seus-afluentes/>. Acesso em: 20 mar. 2020.

UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais. Projeto Manuelzão. **Cadernos Manuelzão**, Belo Horizonte, 2008.

UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais. Projeto Manuelzão. **Revitalização de rios no mundo: América, Europa e Ásia. Belo Horizonte**. 2010, p. 221-240. (Palestra do gerente executivo do Programa DRENURBS apresentada no II Seminário de Revitalização de Rios no Mundo em 2010).

UFMG. Universidade Federal de Minas Gerais. Projeto Manuelzão. **Viver com o rio vivendo**. Belo Horizonte. 2019. Disponível em: <https://manuelzao.ufmg.br/11o-deixem-o-onca-beber-agua-limpa-viver-com-o-rio-vivendo/>. Acesso em: 15 maio 2020.

VALLEJO, H. B. Suelo urbano, vulnerabilidad y riesgo de desastres. *In*: **Caso de estudio: Región Metropolitana de Cochabamba**, Bolívia. Cochabamba. 2011.

VERSTAPPEN, Herman Theodoor. Applied geomorphology: **geomorphological surveys for environmental development**. Amstertam: Oxford Elsevier, 1983. 437p

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. *In*: VILLELA, S. M.; MATTOS, A. (eds.). Ciclo Hidrológico. [s. l.]: [s. n], 1936. pp.: 1-5.

WASLESH, S. G. **Urban surface water management**. New York: Wiley, 1989.

WERNECK, G. A BH das 200 enchentes. **O Estado de Minas**. Belo Horizonte. 07 de jan. de 2012. Disponível em: [https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2012/01/07/interna\\_gerais,271132/a-bh-das-200-enchentes.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2012/01/07/interna_gerais,271132/a-bh-das-200-enchentes.shtml). Acesso em: 25 abr. 2020.

WOLLMANN, C. A. Enchentes No Rio Grande Do Sul do século XXI. **Mercator** (Fortaleza), Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 79-91, abr. 2014. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1984-22012014000100079&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-22012014000100079&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 21 maio 2020.

YASSUDA, E. R. **Discurso proferido na Câmara Municipal de Santos**. São Paulo: DAE, 1964.