

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**LUCAS DAVI DEPACI ALVES**

**WENDER LUIS NOGUEIRA**

**AÇÕES ANTRÓPICAS DA MICROBACIA DO RIO DAS  
ANTAS: ESTUDO DE CASO DO TRECHO DA AVENIDA  
ISIDORO SABINO RODRIGUES EM ANÁPOLIS - GO**

**ANÁPOLIS / GO  
2019**

**LUCAS DAVI DEPACI ALVES**

**WENDER LUIS NOGUEIRA**

**AÇÕES ANTRÓPICAS DA MICROBACIA DO RIO DAS  
ANTAS: ESTUDO DE CASO DO TRECHO DA AVENIDA  
ISIDORO SABINO RODRIGUES EM ANÁPOLIS - GO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO FERNANDES**

**ANÁPOLIS - GO**

**2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

ALVES, LUCAS DAVI DEPACI/ NOGUEIRA, WENDER LUIS

Ações antrópicas da microbacia do Rio Das Antas: Estudo de caso Avenida Isidoro Sabino Rodrigues em Anápolis - GO

57P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- |                          |                                     |
|--------------------------|-------------------------------------|
| 1. Bacias Hidrográficas  | 2. Enchentes e Alagamentos          |
| 3. Controle de Enchentes | 4. Avenida Isidoro Sabino Rodrigues |
| I. ENC/UNI               | II. Bacharel (10 <sup>º</sup> )     |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALVES, Lucas Davi Depaci; NOGUEIRA, Wender Luis. Ações antrópicas da microbacia do Rio das Antas: Estudo de caso Avenida Isidoro Sabino Rodrigues em Anápolis - GO. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 57p. 2019.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Lucas Davi Depaci Alves

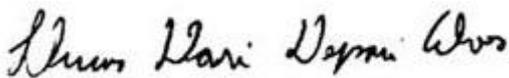
Wender Luis Nogueira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Ações antrópicas da microbacia do Rio das Antas: Estudo de caso Avenida Isidoro Sabino Rodrigues em Anápolis - GO.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019.

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



---

Lucas Davi Depaci Alves  
lucas\_valgart@hotmail.com



---

Wender Luis Nogueira  
n.wender07@gmail.com

LUCAS DAVI DEPACI ALVES  
WENDER LUIS NOGUEIRA

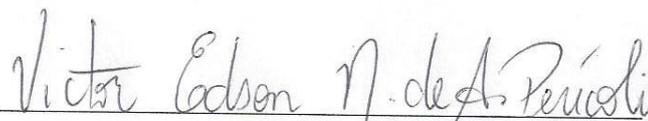
AÇÕES ANTRÓPICAS DA MICROBACIA DO RIO DAS  
ANTAS: ESTUDO DE CASO DO TRECHO DA AVENIDA  
ISIDORO SABINO RODRIGUES EM ANÁPOLIS - GO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL

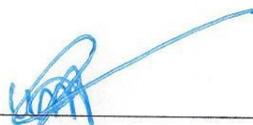
APROVADO POR:



CARLOS EDUARDO FERNANDES, Especialista (UniEvangélica)  
(ORIENTADOR)



VICTOR EDSON NETO DE ARAÚJO PERÍCOLI, Mestre (UniEvangélica)  
(EXAMINADOR INTERNO)



WANESSA MESQUITA GODOI QUARESMA, Mestra (UniEvangélica)  
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 31 de Maio de 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre me guiar nesse caminho de estudos e aprendizados que me trouxe até esse momento. Agradeço também aos meus pais por me apoiarem nas minhas escolhas mesmo conhecendo as dificuldades que enfrentaria e por me ensinarem que o esforço sempre é recompensado, a minha namorada Amanda Helena Ludwig por estar junto comigo nos momentos bons e ruins e por me dizer que eu conseguiria, me fazendo melhorar cada vez mais, ao meu parceiro de estudo Wender que enfrentou toda essa jornada ao meu lado, e aos meus amigos que conquistei ao decorrer do curso, que me fizeram querer continuar e aprender mais, e ao meu orientador Carlos Eduardo por confiar nas minhas ideias e incentivá-las.

Lucas Davi Depaci Alves

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por permitir que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Ao meu parceiro Lucas Depaci, que pra mim é mais do que um colega de turma, é um amigo, um irmão que a Engenharia me deu.

Ao meu orientador Carlos Eduardo, pelo suporte, principalmente pela paciência e costumeiras palavras de incentivo.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento neste processo de formação profissional.

Aos meus pais, que apesar de todos as dificuldades, me ajudaram na realização do meu sonho.

E a todos que de forma direta ou indireta estiveram comigo incentivando todos dias, eu prometo reconhecer essa proximidade, ajuda e incentivo todos os dias da minha vida.

Wender Luis Nogueira

## RESUMO

O ser humano, desde os primórdios, demonstra a necessidade de viver em locais com água abundante, o que traz benefícios pela facilidade de utilizá-la em plantações, consumo, dentre outras atribuições. Com a evolução humana os meios de uso da água foram se modernizando e por outro lado as áreas permeáveis ficam menores conforme o passar do tempo, visto também um aumento da carência por zonas habitáveis, gerando um crescimento acelerado das comunidades o que tornou o convívio com o meio ambiente algo delicado, onde eventos como enchentes tinham uma regularidade natural menor, foram inflamados pelo avanço da impermeabilização, ocasionando riscos e perdas para a sociedade e o meio ambiente, demonstrando a seriedade de tratar o problema com métodos de controle e prevenção para que tais incidentes não causem transtornos indesejáveis. Existem vários métodos utilizados em diferentes casos, utilizando de meios estruturais e não estruturais por muitas vezes combinados, fazendo necessário um estudo aprofundado de cada caso para que seja utilizado da melhor metodologia de correção, para que assim o recurso a ser utilizado não cause transtornos aos moradores, podendo gerar perdas ainda maiores se implementados de forma mal planejada, onde se observa que a conscientização da sociedade junto ao meio ambiente é de total relevância para minimizar os riscos, onde o cuidado com o recurso natural somado às estruturas de controle podem solucionar e extinguir as ameaças geradas pelos episódios de inundação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Águas Urbanas. Enchentes. Inundações. Bacias Hidrográficas.

## **ABSTRACT**

The human being, from the beginning, demonstrates the need to live in places with abundant water, which brings benefits by the ease of using it in plantations, consumption, among other attributions. With the human evolution the means of water use were modernizing and on the other hand the permeable areas become smaller as time goes by, also seen an increase of the lack by habitable zones, generating an accelerated growth of the communities what became the conviviality with the environment was somewhat delicate, where events such as floods had a lower natural regularity, were inflamed by the advance of waterproofing, causing risks and losses to society and the environment, demonstrating the seriousness of treating the problem with control and prevention methods so that such incidents do not cause undesirable disorders. There are several methods used in different cases, using structural and non-structural means often combined, requiring a thorough study of each case to use the best correction methodology, so that the resource to be used does not cause disruption to the residents, and can generate even greater losses if implemented in a poorly planned manner, where it is observed that the awareness of society with the environment is of utmost importance to minimize risks, where care with the natural resource added to the control structures can solve and to extinguish the threats generated by flood episodes.

**KEYWORDS:** Urban Waters. Floods. Floods. Watersheds.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os antigos esgotos assírios de Nimrud .....	19
Figura 2 - Divisão Hidrográfica Nacional .....	23
Figura 3 - Área sujeita a inundação .....	26
Figura 4 - Impacto devido a urbanização .....	27
Figura 5 - Características do balanço hídrico numa bacia antes e após a urbanização .....	28
Figura 6 - Evolução do aumento do nível das águas do leito do rio.....	31
Figura 7 - Diferenças entre inundação gradual e brusca .....	32
Figura 8 - Esquema ilustrativo sobre eventos de Alagamento .....	35
Figura 9 – Esquema dos tipos de pavimentos permeáveis .....	41
Figura 10 – Trincheira de Infiltração típica.....	42
Figura 11 - Macrozonas das bacias do município de Anápolis .....	44
Figura 12 - Queda d'água na Avenida Isidoro Sabino .....	46
Figura 13 - Ponto onde o rio transborda e inunda a ponte.....	46
Figura 14 - Parte onde o asfalto cedeu e retêm água .....	47
Figura 15 - Local onde asfalto cedeu e rompeu parte da aduela de drenagem.....	48
Figura 16 - Estado das aduelas Av. Isidoro Sabino .....	49
Figura 17 - Gráfico das respostas do questionário .....	49
Figura 18 - Vista lateral da aduela.....	50
Figura 19 - Vista frontal das aduelas .....	51

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Crescimento da população Brasileira e a taxa de urbanização.....	25
Tabela 2 - Número de Inundações por Região no período de 1973 a 2002 .....	35

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diferentes conceitos de bacia hidrográfica encontrados na literatura.....	21
Quadro 2 - Diferentes conceitos de sub-bacias hidrográficas encontrados na literatura.....	22
Quadro 3 - Diferentes conceitos de microbacias hidrográficas encontrados na literatura .....	22
Quadro 4 - Divisão Hidrográfica Nacional .....	24
Quadro 5 - Diversas definições de inundação gradual .....	33
Quadro 6 - Algumas definições de inundação brusca .....	33
Quadro 7 - Estratégias e opções em gestão de enchentes.....	38

## **LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA**

ANA	Agência Nacional de Águas
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PIB	Produto Interno Bruto
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 OBJETIVOS .....	15
<b>1.2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>16</b>
1.3 METODOLOGIA .....	16
1.4 estrutura do trabalho.....	16
<b>2 ÁGUA EM MEIO URBANO.....</b>	<b>18</b>
2.1 Bacias hidrográficas .....	19
2.2 URBANIZAÇÃO.....	25
2.3 ENCHENTES, INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS .....	29
<b>2.3.1 Enchentes e Inundações .....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.2 Alagamentos.....</b>	<b>34</b>
<b>2.3.3 Impactos sociais .....</b>	<b>35</b>
<b>3 CONTROLE DE ENCHENTES E ALAGAMENTOS.....</b>	<b>37</b>
3.1 Drenagem Urbana .....	38
3.2 Reservatório E MICRORESERVATÓRIO de Contenção .....	40
3.3 PAVIMENTO PERMEÁVEL .....	40
3.4 TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO .....	41
<b>4 MUNICÍPIO DE ANÁPOLIS.....</b>	<b>43</b>
4.1 Microbacia do Antas .....	43
4.2 Urbanização do Município.....	45
4.3 Problemática.....	45
<b>4.3.1 Avenida Isidoro Sabino.....</b>	<b>47</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>52</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>55</b>
<b>APÊNDICE A – Questionário sobre enchentes avenida Isidoro Sabino Rodrigues .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização da água no meio urbano sempre teve grande importância para a humanidade, pois desde as sociedades antigas o homem encontra um grande potencial ao utilizar esse recurso a seu favor, porém percebe que quando é má gerenciada pode trazer malefícios, criando assim então certas precauções sobre como tratar essa imensa fonte de vitalidade para a sociedade.

Assim as civilizações sempre procuraram se situar perto das bacias hidrográficas, em alguns casos construindo as aldeias e cidades ao redor das mesmas, gerando assim as primeiras “bacias urbanas”, com o advento da modernização pós-revolução industrial no século XVII, o que motivou a migração das áreas rurais para as urbanas, e assim se originou a urbanização.

A evolução urbana traz fenômenos diversos, onde se inclui alguns fenômenos de cunho ambiental, provocados pelo grande aumento populacional que incita a urbanização desenfreada, ação que limita as áreas de permeabilização natural o que torna as precipitações cada vez mais intensas e em um menor espaço de tempo, provocando processos como inundações, enchentes e alagamentos.

De acordo com Canholi (2005) “A falta de visão sistêmica no planejamento da macrodrenagem, que predomina por diversas razões, é a grande responsável pelo estado caótico do controle das enchentes nas áreas urbanas brasileiras.”.

Essa falta de planejamento traz riscos para a população ali presente, pois torna o controle das inundações uma ação extremamente difícil, o que resulta em inundações cada vez mais prejudiciais à população, resultando em dados indesejados como mortes e prejuízos.

Berz (2000, *apud* Mendes, 2005) retrata que as inundações foram a causa de cerca de 302.084 dos óbitos registrados por catástrofes naturais por todo o mundo, o que corresponde a 53% das mortes por desastres naturais entre os anos de 1985 e 1999, gerando prejuízos equivalente a US\$ 275 bilhões.

A atual expansão populacional nas cidades faz com que as pessoas tenham que se estabilizar em áreas de risco, e a infraestrutura não consegue acompanhar esse avanço, com ênfase na parte da drenagem o que traz risco para esses habitantes que se situam em áreas de risco de inundações.

A expansão populacional e a ocupação de áreas inundáveis geram riscos cada vez maiores para a população que fica mais exposta a eventos como enchentes. As modificações

físicas que são provocadas pela urbanização amplificam o acúmulo de água superficial (Zampronio, 2009).

De acordo com Canholi (2005), grande parte dos países em desenvolvimento, onde se inclui o Brasil, passam por uma expansão urbana com uma pobre infraestrutura de drenagem, gerando como um dos problemas da expansão populacional as inundações, onde não existe reflexão sobre a gravidade do problema pelas inexistências de planos de longo prazo e a manutenção inadequada dos sistemas de controle de cheias.

Segundo dados do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018) no ano de 2010 a população do município de Anápolis - Goiás era estimada em 334.613 pessoas, e no ano de 2018 é estimado 381.970 pessoas, um crescimento populacional de 14%, em um ambiente onde o sistema de drenagem ainda é ultrapassado e mal gerenciado.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O crescimento desordenado das cidades vem sendo um problema recorrente, onde cada vez se tem menos zonas permeáveis. A bacia do rio das Antas se torna um ponto crítico que a cada dia necessita de atenção, principalmente nos últimos anos tem-se visto um cenário de alagamentos em determinados pontos do município se agravando.

Temos que refletir que a falta de zonas permeáveis traz um cenário ambiental favorável á alagamentos e enchentes, onde a drenagem natural se torna insuficiente para atender as necessidades do município, o que produz relevância ao estudo de novas formas de drenagem, que possam ser sugeridas ao trecho escolhido para análise, Av. Isidoro Sabino no município de Anápolis.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

A pesquisa tem como objetivo analisar os casos de alagamentos da Avenida Isidoro Sabino e suas eventuais enchentes, pontuando características antrópicas da planície do rio das Antas no local, a fim de levantar os problemas que contribuem para as recorrências de enchentes e possíveis causas desses eventos propondo medidas para minimizar essas consequências.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar um levantamento bibliográfico acerca de alagamentos urbanos buscando fontes que tratam de bacias de municípios;
- Analisar as possíveis causas de alagamentos urbanos;
- Relacionar métodos de controle de enchentes que possam prevenir, solucionar ou corrigir erros que causem alagamentos urbanos;
- Levantar situações com moradores do local, que apresentem possíveis problemas não diagnosticados em estudos generalizados nas bibliografias;
- Propor um método de controle de enchente para o caso da Avenida Isidoro Sabino.

### 1.3 METODOLOGIA

O estudo foi feito através da análise de caso da bacia das Antas no trecho da Avenida Isidoro Sabino de acordo com o embasamento teórico de livros, artigos, tese de mestrado e doutorado, estudo de campo, como entrevistas com moradores locais, por meio de questionário, para um melhor entendimento da crise que ali se emprega. Onde foi levantado junto com os moradores detalhes de seu cotidiano vivendo o problema, para uma melhor avaliação da situação, de forma, a saber, se o ponto se encontra em um ambiente realmente propício a enchentes, relacionando esses dados à metodologias da literatura, para a elaboração da medida de controle contra as enchentes locais.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1 foi descrito a estrutura do trabalho, contendo introdução os objetivos, a justificativa e a metodologia que compõe a parte inicial do trabalho, em que demonstramos a motivação para a realização do estudo, de forma que fique claro todos os métodos utilizados para o desenvolvimento do estudo.

No capítulo 2 foi introduzido o uso da água em meios urbanos, demonstrando seu histórico e sua importância para a população, como também demonstrando os pontos negativos que por muitas vezes são gerados pelo advento do homem, que muda o sistema natural das águas agravando alguns eventos como enchentes e inundações.

No capítulo 3 foi demonstrado alguns métodos utilizados para prevenção e controle das enchentes urbanas, procedimentos esses por trazem maior segurança para a população minimizando os danos gerados pelos eventos descritos no capítulo anterior, em que também é demonstrado as dificuldades em se implementar cada um desses dispositivos de controle.

No capítulo 4 é introduzido ao trabalho um histórico da cidade onde o estudo foi implementado, demonstrando seu histórico de urbanização e seus sistemas hidrográficos e com isso introduzindo a problemática que a cidade passa ao decorrer dos anos com eventos de enchentes, demonstrando também o ponto de análise do estudo e todo o transtorno gerado pelas chuvas.

No capítulo 5 foi feito as considerações finais do estudo, onde é demonstrado um questionário feito junto com os moradores da região analisada, e apresentado a sugestão de solução para o problema ali sofrido, onde também se tem a sugestão para um estudo seguinte com os cálculos necessários para implementar tal solução.

## 2 ÁGUA EM MEIO URBANO

Desde os tempos mais antigos, as civilizações procuravam se manter próximas aos rios, demonstrando que o auxílio da água sempre foi de fundamental importância para o desenvolvimento da sociedade, pois utilizavam das águas para o cultivo de alimentos, consumo dos animais e para o próprio consumo.

Os documentos escritos mais antigos já encontrados, obra dos sumérios de aproximadamente 4000 a.C. continham instruções sobre a irrigação de lavouras dispostas em terraços. Na civilização egípcia, o controle do fluxo do Nilo se dava por meio de um dispositivo administrativo, que gerenciava as relações entre as partes à jusante e à montante do rio, e projetando os níveis de água durante os diferentes períodos do ano (SILVA, 1998).

Segundo os dados de Netto (1959) se é notado que as civilizações antigas já assumiam a grande importância dos recursos hídricos e que deviam ter um tratamento apropriado, demonstrando assim uma evolução destes serviços:

3750 A. C. – Construção da galeria de esgotos de Nippur, Índia.

2600 A. C. – Foi executado um conduto subterrâneo para esgotamento das águas servidas, ao longo da via principal de Tell-Asmar, nas proximidades de Bagdá.

2000 A.C. – As bases da Higiene apoiavam-se nos preceitos religiosos.

1600 A.C. – Entre os Hebreus, Moisés estabeleceu a obrigatoriedade de enterrar ou de afastar prontamente os dejetos.

1600 A.C. – Sistemas primitivos de esgotos foram executados com manilhas em Babilônia e Nínive.

970 A.C. – Construção de esgoto predial do Grande Templo, por Salomão.

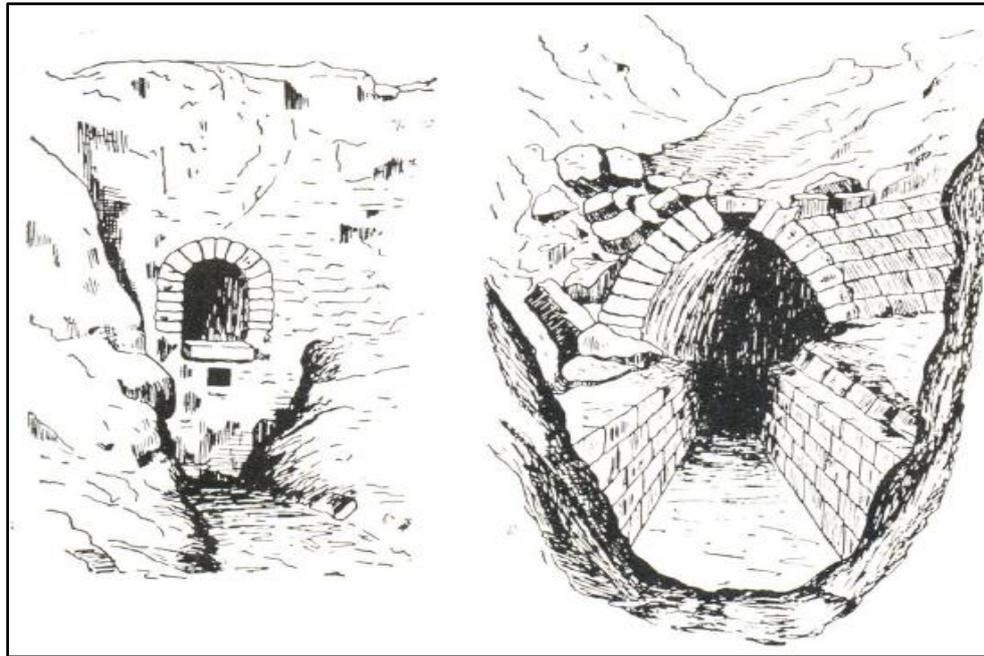
[...]

1898 – Aparece o “Saneamento de Santos”, primeira publicação de Saturnino de Brito, sobre esgotos. Nos anos seguintes o notável engenheiro brasileiro desenvolveu extraordinária atividade em Engenharia Sanitária, realizando muitas obras e publicando diversos trabalhos. No início do século o Brasil atravessou uma fase de singular progresso na esfera do Saneamento. [...]

Esses dados demonstram que desde as civilizações antigas existe a preocupação de manter os recursos das bacias longe dos dejetos humanos, demonstrando a importância das bacias hidrográficas para a população.

E a Figura 1 demonstra de forma ilustrativa a galeria de esgotos de Nimrud, que foi uma das mais antigas construções de esgoto já registrada, demonstrando a preocupação com o tratamento dos resíduos e com a saúde, já presente nas sociedades mais antigas, onde os desviavam para não atingir o leito dos rios.

**Figura 1 - Os antigos esgotos assírios de Nimrud**



Fonte: Netto (1959).

Segundo Silva (1998) as civilizações antigas tinham como primeiras inquietações procurar uma forma de constituir uma rede para a circulação de água. Procurando sempre se localizar nas áreas mais próximas das fontes, mas com o crescimento da população transformando os povoados em cidades, tornavam as reservas escassas e com alto risco de contaminação. Já havia também a preocupação em manter a população saudável, dispondo de recursos de canalizações para o abastecimento e esgotamento de dejetos sanitários. O que já era presente no Antigo Egito e na Mesopotâmia.

De acordo com Mattedi (1998) já se tinha conhecimento de medidas de controle para enchentes presente nas civilizações antigas, onde refere-se a um dique de proteção da cidade de Memphis, datado do ano 3000 a.C. como uma das mais antigas medidas de controle que se tem conhecimento, enquanto no Rio Nilo as enchentes eram “controláveis” também utilizando desse método, tendo em vista sua regularidade, na Mesopotâmia era uma intervenção com pouco eficácia devido às suas características geográficas.

## 2.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS

Segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA) o Brasil é um dos países com maior disponibilidade de água. Porém, as maiores partes destes recursos estão localizadas em regiões com uma menor quantia de habitantes. Nos grandes centros urbanos há uma

expressiva taxa populacional e forte demanda de recursos hídricos, que por sua vez em vários casos, são atingidos pela poluição e por consequência, há uma baixa na qualidade das águas o que torna o abastecimento muito desafiador.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, agrega princípios e normas para se gerir os recursos hídricos tomando a definição de bacias hidrográficas como unidade de estudo e gestão. Há certas dificuldades em se lidar com esse recorte geográfico, onde nota-se que os recursos hídricos exigem a gestão compartilhada com a administração pública, órgãos de saneamento, instituições ligadas à atividade agrícola, gestão ambiental, dentre outras, e que em cada um destes setores existem diretrizes administrativas distintas da bacia hidrográfica (TEODORO et al., 2007; PORTO, Monica; PORTO, Rubem, 2008).

De acordo com dados encontrados no site do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) que foi instituído pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, o CNRH é um colegiado que cria normas de mediação entre os diversos usuários da água, o que os torna um dos grandes responsáveis pela implementação da gestão de recursos hídricos no Brasil. Possuindo como competências;

- Refletir sobre propostas de mudança na legislação referida a recursos hídricos;
- Constituir diretrizes integrantes para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos;
- Resolver conflitos sobre recursos hídricos;
- Solicitar a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regionais, estaduais e dos setores usuários;
- Aprovar propostas de instituição de comitês de bacia hidrográfica;
- Estabelecer critérios gerais que outorgam o direito de uso dos recursos hídricos e para a cobrança de seu uso;
- Aprovar o Plano Nacional de Recursos Hídricos e supervisionar sua execução.

Dentre outros.

- Deliberar sobre os projetos de aproveitamento de recursos hídricos cujas repercussões extrapolem o âmbito dos estados em que serão implantados;

Segundo Mônica Porto e Rubem Porto (2008) pode-se considerar a bacia hidrográfica como um ente sistemático. Onde se atingem os balanços das águas provenientes da chuva e saída de água através do exutório, o que permite o delineamento de bacias e sub-bacias cuja interconexão é dada pelos sistemas hídricos.

Os Quadros 1 ,2 ,3 demonstram respectivamente a destinação entre as definições de bacias hidrográficas, sub-bacias hidrográficas e microbacias hidrográficas encontradas na literatura (TEODORO et al., 2007):

Onde o Quadro 1 trás diferentes conceitos sobre bacias hidrográficas introduzidos há literatura por diferentes autores, entendido assim que existem formas diferentes de análise sobre o que são.

**Quadro 1 – Diferentes conceitos de bacia hidrográfica encontrados na literatura**

Autores	Conceito de Bacia hidrográfica
LIMA & ZAKIA (2000)	São sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, ocorrerá uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico.
BORSATO & MARTONI (2004)	Definida como uma área limitada por um divisor de águas, que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação através de superfícies vertentes. Por meio de uma rede de drenagem, formada por cursos d'água, ela faz convergir os escoamentos para a seção de exutório, seu único ponto de saída.
BARRELA, W et al. (2007)	Conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocar no oceano.

Fonte: Adaptado de Teodoro et al. (2007).

O Quadro 2 trás diferentes análises do que são as sub-bacias hidrográficas, para obtermos a compreensão da existência de meios diversos que as caracterizam demonstrando até áreas diferentes.

**Quadro 2 - Diferentes conceitos de sub-bacias hidrográficas encontrados na literatura**

Autores	Conceito de Sub-bacia
SANTANA ( 2004)	As bacias podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao longo do seu eixo-tronco ou canal coletor. Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Portanto, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos.
ATTANASIO (2004)	Unidade física caracterizada como uma área de terra drenada por um determinado curso d'água e limitada, perifericamente pelo chamado divisor de águas.
ROCHA <i>apud</i> MARTINS et al. (2005)	Sub – bacias são áreas entre 20.000 ha e 30.000 ha (200 km <sup>2</sup> e 300km <sup>2</sup> ).
FAUSTINO (1996)	Sub-bacias são bacias com áreas maiores que 100km <sup>2</sup> e menores que 700km <sup>2</sup>

Fonte: Adaptado de Teodoro et al. (2007).

O quadro 3 exemplifica de diferentes formas o que é uma microbacia hidrográfica, utilizando de informações retiradas da literatura de autores diferentes.

**Quadro 3 Diferentes conceitos de microbacias hidrográficas encontrados na literatura**

Autores	Conceito de Microbacia
ATTANASIO (2004)	A microbacia é a unidade básica de planejamento para compatibilização da preservação dos recursos naturais e da produção agropecuária. As microbacias hidrográficas possuem características ecológicas, geomorfológicas e sociais integradoras, e que possibilita a abordagem holística e participativa, envolvendo estudos interdisciplinares para o estabelecimento de formas de desenvolvimento sustentável inerentes ao local e região onde forem implementados.
LEONARDO (2003)	A microbacia hidrográfica é um elemento de escala de análise ambiental muito singular, pois representa o elo entre a escala micro, correspondente àquele nível de análise, verificação, medição, monitoramento e intervenção in loco e a macroescala de análise, que corresponde à paisagem, região, bacia hidrográfica, nação ou até mesmo uma escala global, de onde são emanadas as normas, a legislação e as políticas públicas. Dessa forma a mesoescala de análise da sustentabilidade é a própria escala espacial da microbacia hidrográfica.
CALIJURI & BUBEL (2006)	Microbacias são áreas formadas por canais de 1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> ordem e em alguns casos, de 3 <sup>a</sup> ordem, devendo ser definida como base na dinâmica dos processos hidrológicos, geomorfológicos e

	biológicos. As microbacias são áreas frágeis e frequentemente ameaçadas por perturbações, nas quais as escalas espacial, temporal e observacional são fundamentais.
FAUSTINO (1996)	A microbacia possui toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, várias microbacias formam uma sub-bacia, sendo a área de uma microbacia inferior a 100km <sup>2</sup> .
BRASIL, 1986 <i>apud</i> HEIN, 2000	As microbacias são áreas fisiográficas drenadas por um curso d'água ou para um sistema de cursos d'água conectados e que convergem, direta ou indiretamente, para um leito ou para um espelho d'água, constituindo uma unidade ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais do meio ambiente por ele definido.

Fonte: Adaptado de Teodoro et al. (2007).

No Brasil existe uma grande divisão hidrográfica, onde se existem 12 divisões, essas que são ilustradas por uma sistema de cores no mapa do Brasil, representado pela Figura 2.

**Figura 2 - Divisão Hidrográfica Nacional**



Fonte: CNRH Resolução n.32 Anexo I (2003).

O Quadro 4 detalha de forma objetiva todas as 12 divisões Hidrográficas existentes no Brasil, explicando por quais bacias são constituídas:

**Quadro 4 - Divisão Hidrográfica Nacional**

Região Hidrográfica Amazônica	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Amazonas situada no território nacional e, também, pelas bacias hidrográficas dos rios existentes na ilha de Marajó, além das bacias hidrográficas dos rios situados no Estado do Amapá que deságuam no Atlântico Norte.
Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Tocantins até a sua foz no Oceano Atlântico.
Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental	É constituída pelas bacias hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico – trecho Nordeste, estando limitada a oeste pela região hidrográfica do Tocantins/Araguaia, exclusive, e a leste pela região hidrográfica do Parnaíba.
Região Hidrográfica do Parnaíba	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Parnaíba.
Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental	É constituída pelas bacias hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico – trecho Nordeste, estando limitada a oeste pela região hidrográfica do Parnaíba e ao sul pela região hidrográfica do São Francisco.
Região Hidrográfica do São Francisco	É constituída pela bacia hidrográfica do rio São Francisco.
Região Hidrográfica Atlântico Leste	É constituída pelas bacias hidrográficas de rios que deságuam no Atlântico – trecho Leste, estando limitada ao norte e ao oeste pela região hidrográfica do São Francisco e ao sul pelas bacias hidrográficas dos rios jequitinhonha, Mucuri e São Mateus, inclusive.
Região Hidrográfica Atlântico Sudeste	É constituída pelas bacias hidrográficas de rios que deságuam no Atlântico- trecho Sudeste, estando limitada ao norte pela bacia hidrográfica do rio Doce, inclusive, a oeste pelas regiões hidrográficas do São Francisco e do Paraná e ao sul pela bacia hidrográfica do rio Ribeira, inclusive.
Região Hidrográfica do Paraná	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Paraná situada no território nacional.
Região Hidrográfica do Uruguai	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Uruguai situada no território nacional, estando limitada ao norte pela região hidrográfica do Paraná, a oeste pela Argentina e ao sul pelo Uruguai.
Região Hidrográfica Atlântico Sul	É constituída pelas bacias hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico – trecho Sul, estando limitada ao norte pelas bacias hidrográficas dos rios Ipiranguinha, Irirí-Mirim, Candapuí, Serra Negra, Taboquinha e

	Cachoeira, inclusive, a oeste pelas regiões hidrográficas do Paraná e do Uruguai e ao sul pelo Uruguai.
Região Hidrográfica do Paraguai	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Paraguai situada no território nacional.

Fonte: CNRH Resolução n.32 Anexo II (2003).

## 2.2 URBANIZAÇÃO

A urbanização é uma das principais causas das enchentes, inundações e alagamentos, quando ela é feita de forma mal planejada e desenfreada motivada pelo crescimento acelerado da população urbana no Brasil de 1960 a 2010 como demonstra a Tabela 1, trazendo mudanças ao ciclo hidrológico natural da região, gerando um grande risco populacional e ambiental, pois o desenvolvimento da infraestrutura não acompanha o processo de forma uniforme, assim fragilizando o controle dos riscos.

Este aumento urbano tem sido caracterizado por um crescimento desigual de periferias com baixa obediência da regulamentação urbana relacionada com o Plano Diretor e norma característica de loteamentos, além das áreas públicas que são ocupadas pela população mais carente, o que traz dificuldade às ações de controle ambiental urbano (TUCCI, 2002).

**Tabela 1 - Crescimento da população Brasileira e a taxa de urbanização**

Ano	População (habitante)	Parcela da população urbana (%)
1960	70.992.343	45,1
1970	94.508.583	56
1980	121.150.573	67,7
1991	146.917.459	75,5
2000	169.590.693	81,2
2010	190.755.799	84,4

Fonte: Adaptado de Tucci (2002), IBGE (2018).

Segundo Bicudo et al. (2010) alguns dos problemas relacionados com a infraestrutura e urbanização em países em desenvolvimento são:

- Quando a urbanização é espontânea e o planejamento urbano é executado para somente a população com renda média. Enquanto a população de baixa renda que por muitas

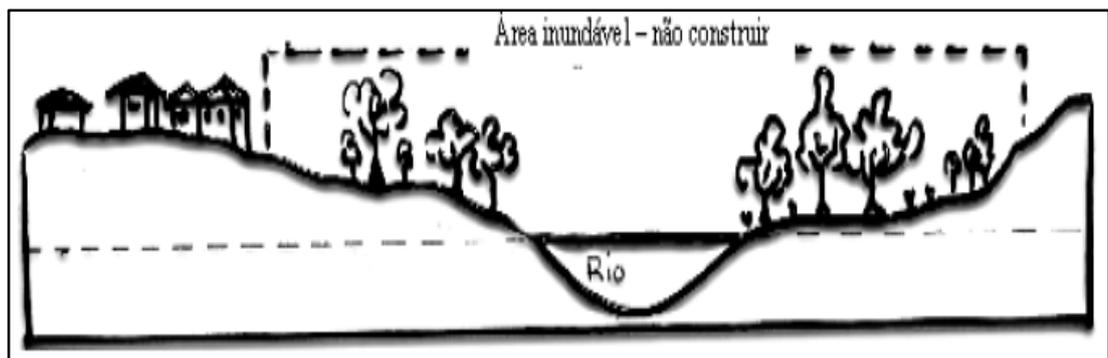
vezes se desenvolve de maneira informal, por invasões em áreas públicas que são as favelas e parte das áreas invadidas tem risco de inundação ou de escorregamento.

- O Planejamento Urbano é realizado para a cidade formal, enquanto a cidade informal “favela” é desenvolvida sem controle e sem fiscalização de órgãos da prefeitura o que os permite executar construções em locais indevidos, em áreas públicas próximas da disponibilidade de serviço para a população de baixa renda.

- Falta de gestão integrada das águas urbanas: e a gestão da infraestrutura que é executada de forma totalmente fragmentada, resultando no ineficácia e baixa qualidade dos serviços.

Onde essa população se arrisca em construir moradias em áreas de risco de inundação como ilustrado na Figura 3:

**Figura 3 - Área sujeita a inundação**



Fonte: Kobiyama et al. (2006).

A intervenção humana despreza a relação entre o elemento água e seu entorno natural, afetando os diversos fenômenos do ciclo hidrológico natural, podendo assim aumentar ou diminuir seus efeitos na bacia hidrográfica, de forma que influencia na qualidade do eco sistema e da vida nas cidades (ALVES, 2005).

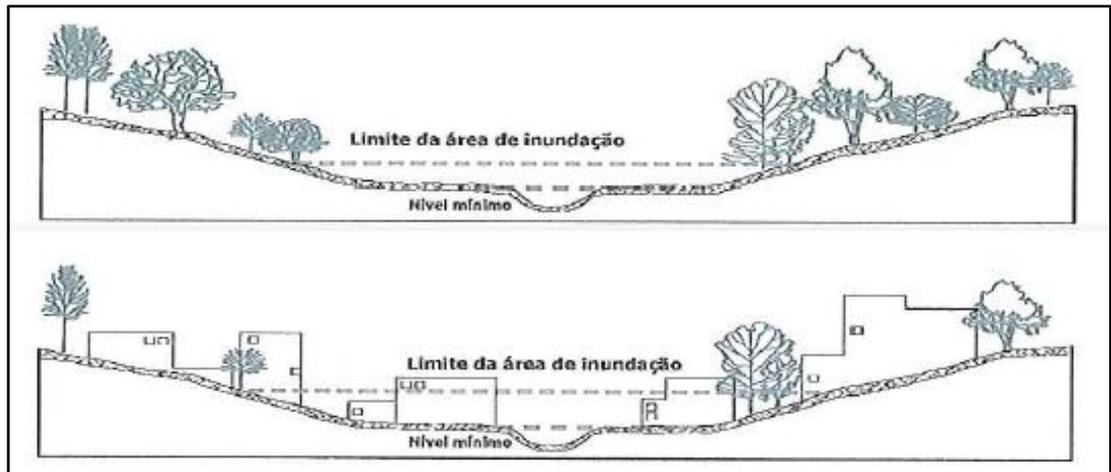
Segundo Canholi (2005) a ineficácia em incorporar a drenagem na fase primária do desenvolvimento urbano em geral, resultando em projetos de alto valor econômico o que inviabiliza o acréscimo das medidas estruturais que se fazem necessárias, demonstrando a falta de planejamento na fase inicial da urbanização.

De acordo com Alves (2005) devido ao processo de impermeabilização do solo, e a exclusão da camada vegetal natural e canalização dos corpos de água, a intensa evolução urbana põe em risco a estabilidade do ecossistema bacia hidrográfica. Onde se elimina o processo, que a água que antes era absorvida pelas plantas, passa a ter sua vazão transportada

por meio de condutos, elevando o escoamento superficial e causando efeitos que modificam o ciclo hidrológico natural, diminuindo drasticamente a capacidade de armazenamento do solo, pela perda de capacidade de absorver águas pluviais.

A Figura 4 demonstra como o limite de área de inundação natural é alterado pela intervenção humana, ilustrando os locais onde foram feitas construções e apresentando os efeitos causados.

**Figura 4 - Impacto devido a urbanização**



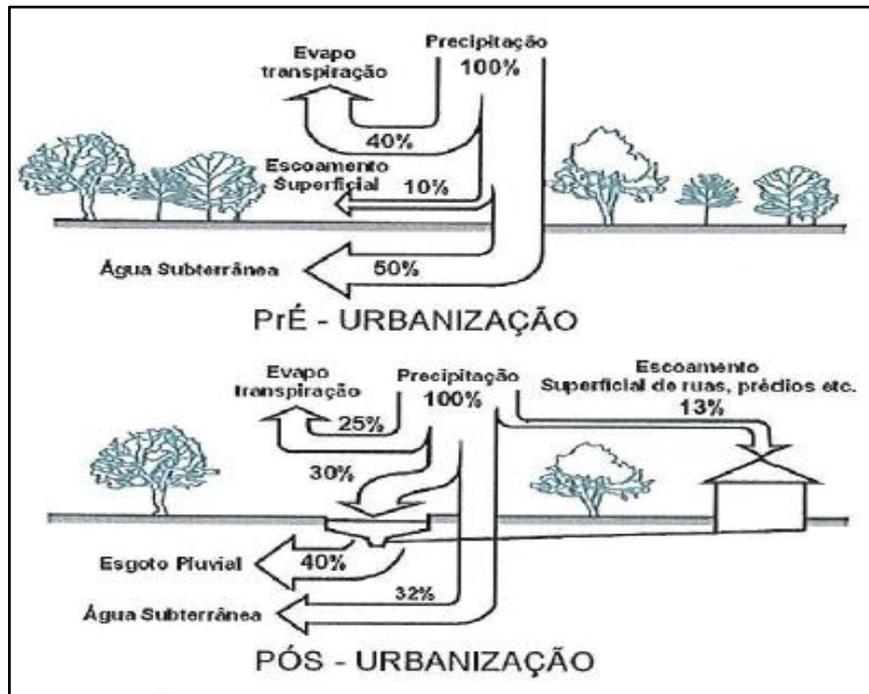
Fonte: Alves (2005).

Onde Tucci (1999) retrata como o desenvolvimento urbano relações dos efeitos da urbanização geram impacto sobre o ciclo hidrológico :

- Redução da infiltração no solo, devido a permeabilização excessiva;
- A água que não infiltra o solo permanece na superfície, o que aumenta o escoamento superficial, o tornando mais rápido, reduzindo o tempo de deslocamento, o que leva a crescente da vazão máxima.
- Com a redução da infiltração, o nível do lençol freático do aquífero tende a decrescer pela falta de alimentação antes vinda das águas que eram drenadas pelo solo, o que reduz o escoamento subterrâneo. Redes de abastecimento e cloacal tendem a vazar, vazamentos que podem alimentar o aquífero gerando o efeito inverso e o contaminando;
- Redução da evapotranspiração, provocada pela substituição da cobertura natural, já que a superfície urbana não absorve e retém água e não permite a evapotranspiração das folhagens e do solo;

E a Figura 5 trás uma explicação ilustrativa dos efeitos causados pré e pós a urbanização, representando de forma básica as percas de captação das águas subterrâneas e a criação do esgoto pluvial.

Figura 5 - Características do balanço hídrico numa bacia antes e após a urbanização



Fonte: Elisânia Alves (2005).

Dentro das práticas urbanísticas que se propagam pelo país, observou-se o uso de avenidas de fundos de vale associadas à canalização dos riachos urbanos. Onde este tipo de prática aumenta os impactos e altera o ambiente de forma inadequada. Onde tais soluções muitas vezes têm um custo muito superior se comparado à soluções sustentáveis, além de aumentarem os prejuízos devido às inundações, erosão e qualidade da água (CRUZ; TUCCI, 2008).

### 2.2.1 Impactos Ambientais

A urbanização sem o devido planejamento gera impactos irrevogáveis na vida da população e do meio ambiente em volta, em questões ambientais gerados pelo desenvolvimento urbano onde o advendo da ação humana é introduzido na bacia hidrográfica que atua diretamente no meio ambiente.

As mudanças que o desenvolvimento socioeconômico induz nos ambientes naturais tem como envolvido uma complicada relação de efeitos mútuos, gerando consequências negativas que impactam a sociedade. A proporção dos impactos que chegam à sociedade está relacionada à amplitude e ao alcance das alterações geradas pelos mecanismos de intermédio, que são determinados pelo acervo tecnológico e pela densidade demográfica. Essa combinação estabelece uma medida de manipulação do ambiente natural, que determina como ocupar o espaço e como utilizar os recursos (MATTEDI, 1998).

Tucci e Bertoni (2003) citam alguns impactos ambientais ligados a uma expressiva urbanização, tais como:

**Aumento da Temperatura:** As superfícies impermeáveis absorvem parte da energia solar aumentando a temperatura ambiente, produzindo ilhas de calor na parte central dos centros urbanos, onde predomina o concreto e o asfalto [...] (grifo do autor).

**Aumento de sedimentos e material sólido:** Durante o desenvolvimento urbano, o aumento dos sedimentos produzidos pela bacia hidrográfica é significativo, devido às construções, limpeza de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas e rodovias entre outras coisas [...] (grifo do autor).

**Qualidade da água pluvial:** A qualidade da água pluvial não é melhor que a do efluente de um tratamento secundário. A quantidade de material suspenso na drenagem pluvial é superior à encontrada no esgoto in natura. Esse volume é mais significativo no início das enchentes [...]. A qualidade da água da rede pluvial depende de vários fatores: da limpeza urbana e sua frequência, da intensidade da precipitação e sua distribuição temporal e espacial, da época do ano e do tipo de uso da área urbana [...] (grifo do autor).

**Contaminação de aquíferos:** As principais condições de contaminação dos aquíferos urbanos são devido ao seguinte:

Aterros sanitários contaminam as águas subterrâneas pelo processo natural de precipitação e infiltração. Deve-se evitar que sejam construídos aterros sanitários em áreas de recarga e procurar escolher as áreas com baixa permeabilidade. [...].

Grande parte das cidades brasileiras utilizam fossas sépticas como destino final do esgoto. Esse conjunto tende a contaminar a parte superior do aquífero. [...].

A rede de condutos de pluviais pode contaminar o solo através de perdas de volume no seu transporte e até por entupimento de trechos da rede que pressionam a água contaminada para fora do sistema de condutos. (grifo do autor).

### 2.3 ENCHENTES, INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS

Este estudo apresenta os principais fenômenos causados pelas precipitações chuvosas, de tal forma que traga melhor entendimento sobre tais fenômenos, o que são e as diferenças entre eles, as principais causas para que esses determinados fenômenos ocorram, os impactos que os mesmos podem gerar na população e no meio ambiente, formas de prevenir demonstrando métodos estruturais e não estruturais.

### 2.3.1 Enchentes e Inundações

Segundo Tucci e Bertoni (2003) a inundação urbana ou popularmente conhecida como enchente, é uma ocorrência tão arcaica quanto as cidades ou qualquer aglomeramento urbano. A enchente ocorre quando as águas dos rios, bacias, galerias pluviais ou riachos saem do leito de escoamento carecido da capacidade de transporte de um destes sistemas e alaga áreas onde a população utiliza para habitação, transporte, entretenimento, comércio, indústria, entre outros.

As enchentes são fenômenos naturais que acontecem periodicamente nos cursos de água causado por precipitações chuvosas com magnitudes elevadas. Enchentes em áreas urbanas podem ocorrer por essas intensas chuvas de amplo período de retorno, ou causadas pela mudança no equilíbrio natural do ciclo hidrológico em grandes regiões de áreas urbanas, motivadas pela própria urbanização (POMPÊO, 2000).

De acordo com Tucci (1999) as enchentes se dão devido a dois processos que ocorrem de forma isolada ou de forma conjunta, processos que são:

- Enchentes devido à urbanização: que é o aumento da ocorrência e gravidade das enchentes devido a ocupação do solo os transformando em superfícies impermeáveis e implementando rede de condutos de escoamento. O desenvolvimento urbano pode trazer obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstrução ao escoamento junto a condutos e assoreamento;

- Enchentes em áreas ribeirinhas: São as enchentes que ocorrem de forma natural que atinge a população que ocupa o leito maior dos rios. Tais enchentes ocorrem, na maior parte das vezes por um processo natural onde o rio ocupa o seu leito maior.

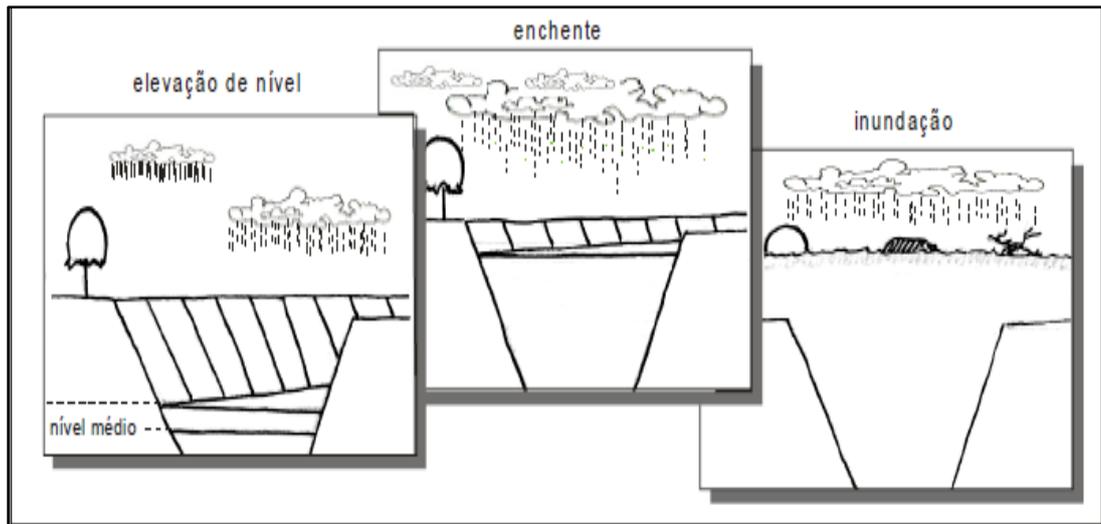
Plate (2002, *apud* Kobiyama et al., 2006) retrata que a regularidade das inundações se altera devido a alterações na bacia hidrográfica. Onde Plate afirma que a pressão desempenhada pelo aumento populacional deriva na exclusão da quantia mais desprovida da população, que passam a viver na planície de inundação. Este é um problema frequentemente presenciado nas áreas urbanas. Assim devem ser introduzidos novos conceitos e métodos para uma melhor coexistência com este fenômeno.

De acordo com Kobiyama *et al.* (2006) a enchente, é o acréscimo do nível dos rios além da sua vazão habitual, incidindo no transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele. Estas áreas planas sobre as quais as águas dos rios extravasam são chamadas de planícies de inundação. Quando não incide no alagamento, ainda que o rio fique

praticamente cheio, tem-se uma enchente e não uma inundação. Por este motivo, no mundo científico, os termos “inundação” e “enchente”, são utilizados com distinção como demonstra.

E a figura 6 apresenta as diferenças entre elevação do nível, enchente e inundação, onde ilustra o trecho de uma bacia demonstrando cada etapa, onde quando a elevação chega a níveis altos é caracterizada como enchente e quando extrapola o limite inundação.

**Figura 6 - Evolução do aumento do nível das águas do leito do rio**



Fonte: Kobiyama et al. (2006).

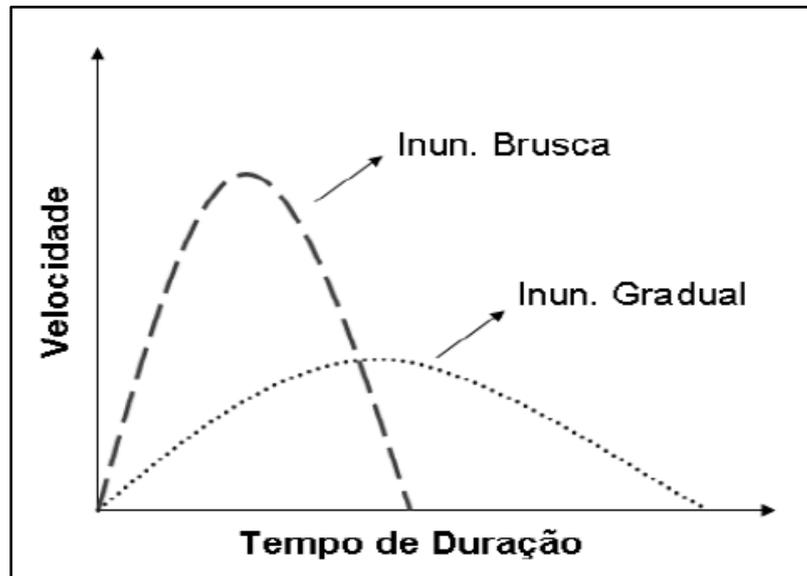
“Estes eventos podem ocorrer devido ao comportamento natural dos rios ou ampliados pelo efeito de alteração produzida pelo homem na urbanização pela impermeabilização das superfícies e a canalização dos rios.” (TUCCI;BERTONI, 2003).

De acordo com Tucci e Bertoni (2003) quando a precipitação é intensa e o solo não tem a eficiência para absorver, ampla parte do volume escoava para o sistema de drenagem, excedendo sua capacidade natural de escoamento. O adicional do volume que o solo não teve capacidade para drenar ocupa a várzea inundando de acordo com a topografia das áreas mais próximas as bacias hidrográficas. Estes eventos tem uma ocorrência aleatória de acordo com os processos climáticos locais e regionais. Tal processo é denominado pelos autores de inundação ribeirinha.

Segundo Castro (2003) a Defesa Civil tem classificação para as inundações de acordo com sua magnitude, (excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude) e em cargo do padrão evolutivo (inundações graduais, inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas). Embora tenha essa caracterização, boa parte das situações de emergência são geradas pelas inundações graduais e bruscas.

A Figura 7 demonstra de forma ilustrativa um gráfico onde se apresenta a diferença entre inundação Brusca e Gradual, de acordo com a velocidade e o tempo de duração dos fenômenos.

**Figura 7 - Diferenças entre inundação gradual e brusca**



Fonte: Kobiyama et al. (2006).

Ocorrem inundações graduais quando o volume da água se eleva de forma previsível e lenta, mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e a seguir escoam gradativamente. Esse tipo de inundação não é grave, porem ocupa grande área de impacto. Este tipo de inundação é característica de grandes bacias hidrográficas e dos rios de planície, como o Amazonas, o Nilo e o Mississipi-Missouri (CASTRO, 2003).

De acordo com Castro (2003) a inundação brusca, que popularmente é denominada como enxurrada, tem sua ocorrência devido a chuvas concentradas e intensas, principalmente em regiões de relevo irregular. A elevação das águas é brusca e seu escoamento é violento, acontecendo em um período de tempo associado a chuva que a causa. As áreas de impacto são menores do que as inundações graduais porem causa um número maior de mortes.

Segundo Kobiyama et al. (2006) inúmeras vezes os registros confundem os tipos de inundação, empregam as inundações bruscas como graduais e o oposto. O que nem sempre é devido à falta de informação, mas sim à dificuldade de se identificar tais fenômenos em campo, e à imprecisão das definições existentes. A grande quantia de definições sobre as inundações graduais e bruscas, pode ser encontrado nos Quadros 5 e 6, o que facilita o entendimento por meio das informações nelas empregadas.

Quadro 5 - Diversas definições de inundação gradual

<b>Termo</b>	<b>Autor</b>	<b>Definição</b>
<i>Flood</i>	NFIP (2005)	Uma condição geral ou temporária, de parcial ou completa inundação, de dois ou mais acres de uma terra normalmente seca, ou duas ou mais propriedades, proveniente da inundação de águas continentais ou oceânicas.
<i>Flood</i>	NWS/NOAA (2005)	A inundação de uma área normalmente seca causado pelo aumento do nível das águas em um curso d'água estabelecido, como um rio, um córrego, ou um canal de drenagem ou um dique, perto ou no local onde a chuvas precipitaram.
Inundações Graduais ou Enchentes	CASTRO (1999)	As águas elevam-se de forma paulatina e previsível, mantém em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente. Normalmente, as inundações graduais são cíclicas e nitidamente sazonais.
Inundações Ribeirinhas	TUCCIE BERTONI (2003)	Quando a precipitação é intensa e o solo não tem capacidade de infiltrar, grande parte do volume esco para o sistema de drenagem, superando sua capacidade natural de escoamento. O excesso de volume que não consegue ser drenado ocupa a várzea inundando de acordo com a topografia áreas próximas aos rios.
<i>River Flood</i>	MEDIONDO (2005)	O transbordamento do curso do rio é normalmente é o resultado de prolongada e copiosa precipitação sobre uma grande área. Inundações de rio acontecem associadas a sistemas de grandes rios em trópicos úmidos.

Fonte: Kobiyama et al. (2006).

Quadro 6 - Algumas definições de inundação brusca

<b>Termo</b>	<b>Autor</b>	<b>Definição</b>
<i>Flash flood</i>	NWS/NOAA (2005)	Uma inundação causada pela pesada ou excessiva chuva em um curto período de tempo, geralmente menos de 6 horas. Também, as vezes uma quebra de barragem pode causar inundação brusca, dependendo do tipo de barragem e o período de tempo que ocorre a quebra.
<i>Flash flood</i>	CHOUDHURY et al. (2004)	Inundações bruscas são inundações de curta vida e que duram de algumas horas a poucos dias e originam-se de pesadas chuvas.
<i>Flash flood</i>	KÖMÜSCÜ et al. (1998)	Inundações bruscas são normalmente produzidas por intensas tempestades convectivas, a qual causa rápido escoamento, e o dano da inundação geralmente ocorre dentro de horas da chuva que a causa e afeta uma área muito limitada.
Inundação	CASTRO	São provocadas por chuvas intensas e concentradas em

Brusca ou Enxurrada	(1999)	regiões de relevo acidentado, caracterizando-se por súbitas e violentas elevações dos caudais, os quais escoam-se de forma rápida e intensa.
<i>Flash flood</i>	MEDIONDO (2005)	É um evento de inundação de curta duração com uma rápida elevação da onda de inundação e rápida elevação do nível das águas. São causadas por pesadas, geralmente curtas precipitações, como uma chuva torrencial, em uma área que freqüentemente é pequena.
<i>Flash flood</i>	WMO (1994)	Em bacias pequenas, de rápida resposta, com as de tempo de concentração menor de seis horas, intensa precipitação pode criar uma inundação brusca.

Fonte: Kobiyama et al. (2006).

Quadros que demonstram a grande gama de definições existentes para os mesmos casos, o que as torna imprecisas uma vez que se pode considerar varias ocorrências diferentes como um tipo específico de acontecimento.

### 2.3.2 Alagamentos

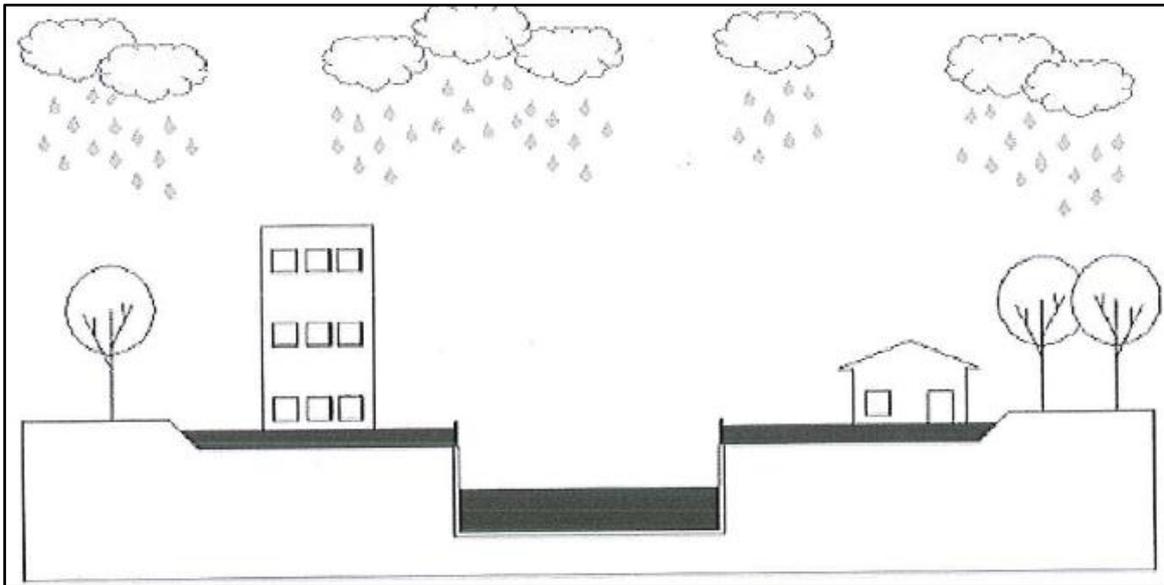
Dentre os três fenômenos os alagamentos são os mais decorrentes, isso se justifica pela falta de infraestrutura devida nas cidades, onde não traz formas eficientes de drenagem para o acumulo de água gerado pela precipitação, o que traz acumulos maiores em locais com uma má estrutura em contextos de inclinação, que não dá auxílio ao escoamento das águas para as bacias hidrográficas.

Segundo Mendes (2005) com o avanço da urbanização, traz além das enchentes e inundações, a ocorrência de alagamentos, que são distinguidos pelo acúmulo de água nas margens, porém sem a ocorrência de extravasamento do rio. Onde o acúmulo de água ocorre nas margens, portanto não em cargo da cheia do rio ou canal, mas sim pela deficiência no escoamento, que pode ser determinado pela topografia da área. Tal fenômeno é ilustrado pela Figura 8.

De acordo com Castro (2003) o alagamento é um fenômeno relacionado com a redução da drenagem natural nos solos urbanos, a qual é provocada por compactação e impermeabilização do solo, pavimentação de ruas, construção adensada de edificações, desmatamento de encostas e assoreamento dos rios, acumulo de detritos em galerias pluviais e fragilidade na rede de galerias pluviais, onde parte desses motivos contribuem para reduzir o solo permeável e concentrar o escoamento das águas.

Segundo Huffner (2013) os problemas de alagamento urbano estão, muitas vezes, ligados à falta de planejamento urbano, devido á falta de controle do uso do solo, que causa a ocupação de áreas de risco e obstrução dos sistemas de drenagem.

**Figura 8 - Esquema ilustrativo sobre eventos de Alagamento**



Fonte: Mendes (2005).

### 2.3.3 Impactos sociais

Segundo Mendes (2005), utilizando de levantamentos de vários anos se nota que a América do sul é uma das regiões com maior incidência de inundações, se situando na terceira posição de regiões com a maior incidência de inundações entre 1973 e 2002 como demonstra a Tabela 2, na qual se nota o registro de 240 eventos, que chegam a um percentual de 11,8% do total das inundações ocorridas pelo mundo no período já citado.

**Tabela 2 - Número de Inundações por Região no período de 1973 a 2002**

Região	Número de Inundações entre 1973 e 2002	Porcentagem em relação ao Número Total de Inundações no Mundo entre 1973 e 2002
América do Norte	113	5,6%
América Central	100	4,9%
América do Sul	240	11,8%

Região	Número de Inundações entre 1973 e 2002	Porcentagem em relação ao Número Total de Inundações no Mundo entre 1973 e 2002
Caribe	68	3,4%
Europa do Leste	92	4,5%
Europa do Norte	24	1,2%
Europa do Oeste	70	3,5%
Europa do Sul	73	3,6%
África Central	39	1,9%
África do Leste	136	6,7%
África do Norte	66	3,3%
África do Oeste	87	4,3%
África do Sul	28	1,4%
Ásia Central	337	16,6%
Ásia do Leste	173	8,5%
Ásia do Oeste	55	2,7%
Ásia do Sudeste	250	12,3%
Malásia	9	0,4%
Polinésia	1	0,0%
Austrália e Nova Zelândia	63	3,1%
Micronésia	2	0,1%
Total	2026	100,0%

Fonte: Mendes, 2005.

Conforme demonstrado na tabela, a incidência de inundações por todo o mundo não é algo que se classifique como raro, é um fenômeno que tem uma constância de ocorrências considerada alta, onde ocasiona em percas de várias vidas e de bens materiais.

Mendes (2005) faz o comparativo entre os prejuízos acarretados por inundações em países da América Latina com o referente Produto Interno Bruto (PIB): em 1991 em danos no Brasil e Argentina foram 5 bilhões de dólares (2% do PIB); em 1999 os estragos na Venezuela foram de 3,2 bilhões de dólares (3,3% do PIB); e em 1998 em Honduras, o furacão Mitch causou perdas de aproximadamente 4 bilhões de dólares (100% do PIB).

### 3 CONTROLE DE ENCHENTES E ALAGAMENTOS

Para minimizar ou sanar os problemas provocados pelas inundações é utilizado o controle de enchentes e inundações que é um agregado de medidas que tem como objetivo diminuir os riscos que as cheias submetem a população, limitando os prejuízos causados e possibilitando um desenvolvimento urbano proporcional, articulado e sustentável. Esse controle leva em consideração tanto medidas estruturais quanto não estruturais como forma de defesa contra enchentes e para a redução de riscos e importância dos danos causados (ENOMOTO et al., 2000).

O controle de cheias urbanas é um processo que passa, por um entendimento de que a bacia funciona como um sistema interligado, assim o funcionamento da bacia, o processo de urbanização e o sistema de drenagem são processos correlativos. Adotando assim dois grandes grupos de medidas que se pode avaliar como alternativa para se tratar os fenômenos abordados anteriormente neste estudo, as chamadas medidas estruturais e as não estruturais (MIGUEZ et al., 2015).

Segundo Huffner (2013) a medida estrutural tem como objetivo deter ou desviar as vazões geradas na bacia utilizando de sistemas de engenharia que promovem o controle do escoamento superficial. Agindo diretamente na bacia com a conservação do solo e a manta vegetal que nele se emprega, ou agindo no rio com construções de diques, reservatórios, alargamento de canais, dentre outros.

De acordo com Canholi (2005) as ações não estruturais procuram conscientizar a população quanto à ocupação territorial, o comportamento de consumo e as atividades econômicas, considerando as mais adotadas, as medidas não estruturais podem ser agrupadas em: ações que regulamentam o uso e ocupação do solo; educação ambiental; seguro-enchente; e sistemas de alerta contra inundações. Onde essas ações demonstram à população que o uso equivocado das zonas naturais podem aumentar a incidência das inundações e enchentes, e gerando riscos as suas próprias vidas.

O Quadro 7 demonstra de forma detalhada quais são as opções que são utilizadas para o controle das enchentes, classificando essas metodologias entre estrutural e não estrutural de forma simplificada que traga melhor entendimento sobre os métodos de gestão aplicados em cada tipo de caso, considerando os fatores que acarretam nos problemas enfrentados no respectivo local:

**Quadro 7 - Estratégias e opções em gestão de enchentes**

Estratégia	Opções	Classificação
Redução de Inundações	Represas e reservatórios Diques e obras de contenção Desvio de avenidas Gestão de bacias Melhoramento de canais	Estrutural Estrutural Estrutural Não – estrutural Estrutural
Redução da vulnerabilidade aos danos	Regulamentação das planícies de inundação Políticas de desenvolvimento e reaproveitamento Código habitacional e de construção Estruturas a prova de enchentes Previsão e alerta de enchentes	Não – estrutural Não – estrutural Não – estrutural Estrutural Não – estrutural
Mitigação dos efeitos das inundações	Informação e educação Preparativos em caso de desastres Medidas de recuperação pós-inundação Seguro contra inundações	Não – estrutural Não – estrutural Estrutural Não – estrutural
Preservação dos recursos naturais das planícies de inundação	Zoneamento de áreas inundáveis	Não – estrutural

Fonte: Alves, 2005.

Onde os métodos estruturais com as opções de infiltração, detenção e retenção procuram beneficiar os métodos hidrológicos mudados no decorrer da urbanização, visando a reconstituição das circunstâncias naturais. Estruturas deste tipo buscam minimizar na fonte os efeitos gerados pela urbanização, ou seja, antes mesmo que as águas atinjam a rede de drenagem (ACIOLI, 2005).

### 3.1 DRENAGEM URBANA

Historicamente, engenheiros que foram responsáveis pela drenagem urbana tentaram resolver o problema gerado pela urbanização desordenada onde se perde a capacidade do armazenamento natural de água, que por sua vez, precisam de outros locais para ocupar,

provocando o aumento da velocidade de vazão dos escoamentos com obras de canalização (CANHOLI, 2005).

Segundo Pompêo (2000) a partir da década de 60, alguns países começaram a questionar a drenagem urbana realizada de forma habitual que, com obras destinadas a retirar rapidamente as águas acumuladas em áreas importantes, transferindo o problema para outras áreas. Grandes sistemas de galerias pluviais e as ações feitas para o melhor transcorrer do fluxo em rios e canais, feitas a partir de cortes de meandros, retificações e mudanças de declividade de fundo. Essa visão que ainda é predominante em alguns meios, dá ênfase ao controle de escoamento na própria calha do curso da água, dando pouca relevância à geração de escoamento nas superfícies urbanizadas.

A drenagem também é uma questão de alocação de espaços: eliminação de várzeas inundáveis, naturais ou não, implica sua relocação para justante, e o mesmo se aplica à perda de áreas de infiltração pela impermeabilização, além disso, o planejamento da macrodrenagem deve ser pluridisciplinar e compatível com outros planos e projetos dos demais serviços públicos, com ênfase nos projetos voltados à gestão das águas urbanas, incluindo o abastecimento público e os esgotos sanitários (CANHOLI, 2005).

Ainda de acordo com Canholi (2005) em um planejamento consistente de ações para a melhoria e controle dos sistemas de drenagem urbana, deve coexistir uma combinação adequada de recursos humanos e materiais, e uma harmonia entre medidas estruturais e não estruturais. Devido a existência de casos onde medidas estruturais são inviáveis, deve se utilizar as medidas não estruturais, como por exemplo sistemas de alerta, que ajudam a reduzir o dano com um baixo investimento.

Onde a solução escolhida pela engenharia da drenagem tem duas vertentes a macrodrenagem e a microdrenagem, que buscam solucionar os problemas utilizando métodos distintos.

Microdrenagem são as áreas de escoamento natural que não é bem definida e acaba sendo determinada pela ocupação do solo, tendo seu início nos coletores prediais das edificações, seguindo o escoamento dos bueiros e galerias, a partir daí o estudo se volta a topografia, declividade e utilização viária (SZESZ et al., 2000).

Ainda de acordo com Szesz et al. (2000) a macrodrenagem, consiste em intervenções em fundos de vale que recebem águas pluviais de áreas dotadas de sistemas de microdrenagem ou não. Onde o escoamento geralmente é bem definido, mesmo que não contenha um curso de água permanente, as obras de macrodrenagem têm como critério evitar

as enchentes provenientes das bacias urbanas, visando esgotar as vazões oriundas das chuvas mais frequentes.

### 3.2 RESERVATÓRIO E MICRORESERVATÓRIO DE CONTENÇÃO

Segundo Fraga (2002) o controle das cheias, com o auxílio de barragens ou reservatórios de contenção consiste exclusivamente na retenção das águas no reservatório na fase de maior força da cheia, e o esvaziamento dos volumes retidos pós o efeito da cheia. Como não se tem estabelecido com segurança as épocas de enchentes e seu volume, os reservatórios são mantidos vazios para terem capacidade de controle quando a vazão estiver irregular.

De acordo com Szesz (2000) o principal benefício do armazenamento é a diminuição dos problemas de inundações concentradas e cortando custos com o sistema de galerias de drenagem, enriquecendo a qualidade da água que corre pelo sistema e minimiza as vazões máximas de enchentes a jusante. Onde a principal dificuldade desse sistema fica em escolher o local adequado para implantar a obra e a despesa gasta com a compra da expropriação do local.

Onde se ve como um dos riscos do microreservatório a chance de rompimento devido ao seu pequeno porte, e o fato de não receber cargas constantes das chuvas deixando seu dimensionamento mais singelo e menos resistente, gerando um transtorno contrário ao de seu objetivo, que é funcionar como a quebra das forças da vazão para que chegue ao ponto de destino com menor intensidade assim gerando menos riscos a população que ali habita.

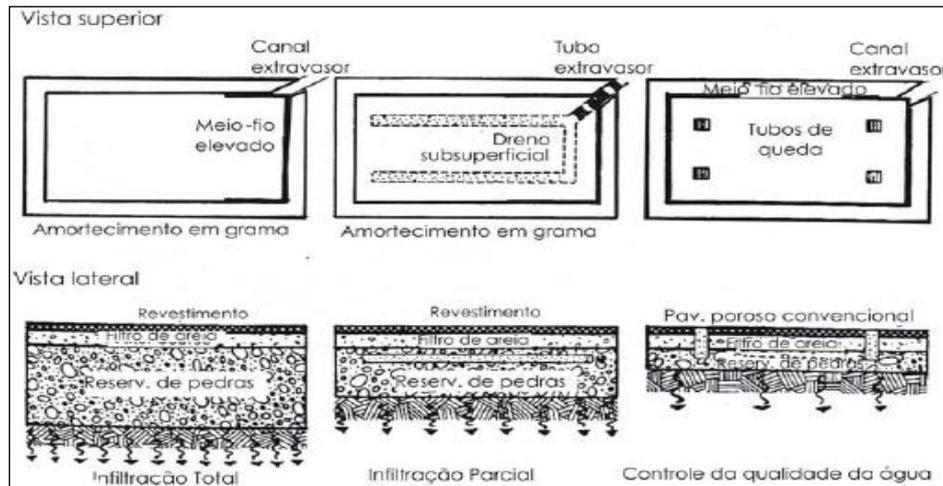
### 3.3 PAVIMENTO PERMEÁVEL

Segundo Acioli (2005) o pavimento permeável é uma das principais estruturas de infiltração, estrutura essa que pode tanto reduzir a vazão máxima, trabalhando como reservatório de amortecimento, quanto na diminuição dos volumes escoados, através da absorção das águas drenadas, sendo capaz de executar também um importante papel na contenção dos poluentes do escoamento superficial. Estruturas que resgatam com maior eficiência as condições naturais anteriores da ocupação.

A figura 9 ilustra os três tipos de pavimento permeável existentes, que respectivamente são, de infiltração total que é usado em locais com impermeabilização abundante, de infiltração parcial usado em locais que já existem áreas permeáveis e o de

controle de qualidade da água, que demonstra de forma detalhada as diferenças em sua vista superior, e na vista lateral que demonstra as camadas do sistema:

**Figura 9 – Esquema dos tipos de pavimentos permeáveis**



Fonte: Acioli, 2005.

Esses três sistemas tem empregos diferentes, onde se é utilizado o de infiltração total em casos que o solo não auxilia na ação de absorção, o de infiltração parcial é utilizado em casos onde se á uma quantidade de solo permeavel que auxilia o funcionamento do sistema, e o controle de qualidade capta o fluxo pluvial inicial que contém a maior gama dos poluentes.

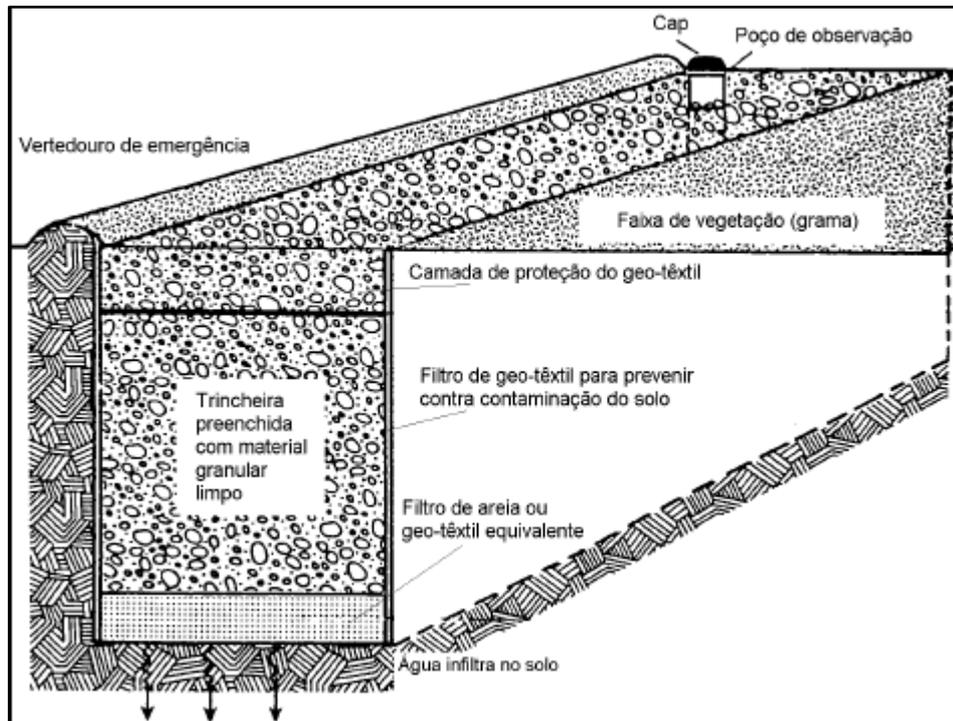
Esses pavimentos também recebem escoamentos vindos de áreas impermeáveis, o que faz necessario um pré-tratamento da água antes da chegada ao pavimento que elimine os sedimentos, óleos e outras partículas em suspensão para evitar o entupimento da manta permeavel do dispositivo (ACIOLI, 2005).

### 3.4 TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

De acordo com Belades et al. (1998, *apud* Souza, 2002) as trincheiras de infiltração são estruturas lineares, que atuam como reservatórios de amortecimento de cheias, sendo que apresentam melhor funcionamento se comparado aos reservatórios, por beneficiar a absorção reduzindo os volumes escoados. São elaboradas por valetas preenchidas por materiais granulados como britas entre outros que devem conter porosidade em torno de 35% de acordo com o material utilizado, onde todo o material deve estar envolto em um filtro geotêxtil, que impede o acesso de materiais finos, contando também como um anticontaminante.

A figura 10 representa uma trincheira de infiltração, onde é ilustrado todas as camadas da estrutura e todos os seus componentes que auxiliam em seu funcionamento, esse tipo de estrutura ainda é pouco utilizado oque dificulta no conhecimento sobre seu funcionamento:

**Figura 10 – Trincheira de Infiltração típica**



Fonte: Souza, 2002.

As dificuldades que se encontram na utilização deste modelo de estrutura como parte do sistema de drenagem é o baixo conjunto de informações sobre sua performance, especialmente no que se trata ao longo prazo e seus pontos qualitativos. O que cabe ao poder público tomar a iniciativa de regulamentar o seu emprego, através de leis ou incentivos econômicos, passando assim por um processo de instrução para o atendimento do funcionamento e das regras de manutenção, fazendo prevalecer o bom estado de manutenção pra quem optar por esse recurso de drenagem (SOUZA, 2002).

## 4 MUNICÍPIO DE ANÁPOLIS

O município é considerado universitário, por abrigar um grande volume de estudantes que veem do interior do estado de Goiás para concretizar seu futuro acadêmico, cidade que abriga moradores de varias nacionalizações que ajudaram em seu desenvolvimento trazendo investimentos e culturas diferentes que enriquecem a forma de vida de seus habitantes.

Anápolis está localizada a 53 quilômetros da capital do estado de Goiás, Goiânia, através da pista duplicada da BR-153, que liga a cidade ao norte e sul do país. Contendo ainda acesso as rodovias federais BR-060 que liga Anápolis à Brasília através de pista dupla e BR-414, através de Corumbá de Goiás (PREFEITURA DE ANÁPOLIS, 2018).

Ainda segundo dados da Prefeitura de Anápolis (2018) o município se limita ao norte com os municípios de Pirenópolis e Abadiânia, a leste com o município de Silvânia, ao sul com o município de Leopoldo de Bulhões e Goianápolis e a oeste com os municípios de Nerópolis e Ouro Verde de Goiás. A bacia hidrográfica presente no município é composta pelos ribeirões João Leite, Antas, Piancó e Padre Sousa.

No início de sua formação o município recebeu varios migrantes de outros estados e até mesmo de outras nacionalidades como os sírio-libaneses, os italianos e os japoneses que contribuíram para o desenvolvimento da cidade, resultando em uma evolução populacional e trazendo com sigo a urbanização (FERREIRA, 2009).

### 4.1 MICROBACIA DO ANTAS

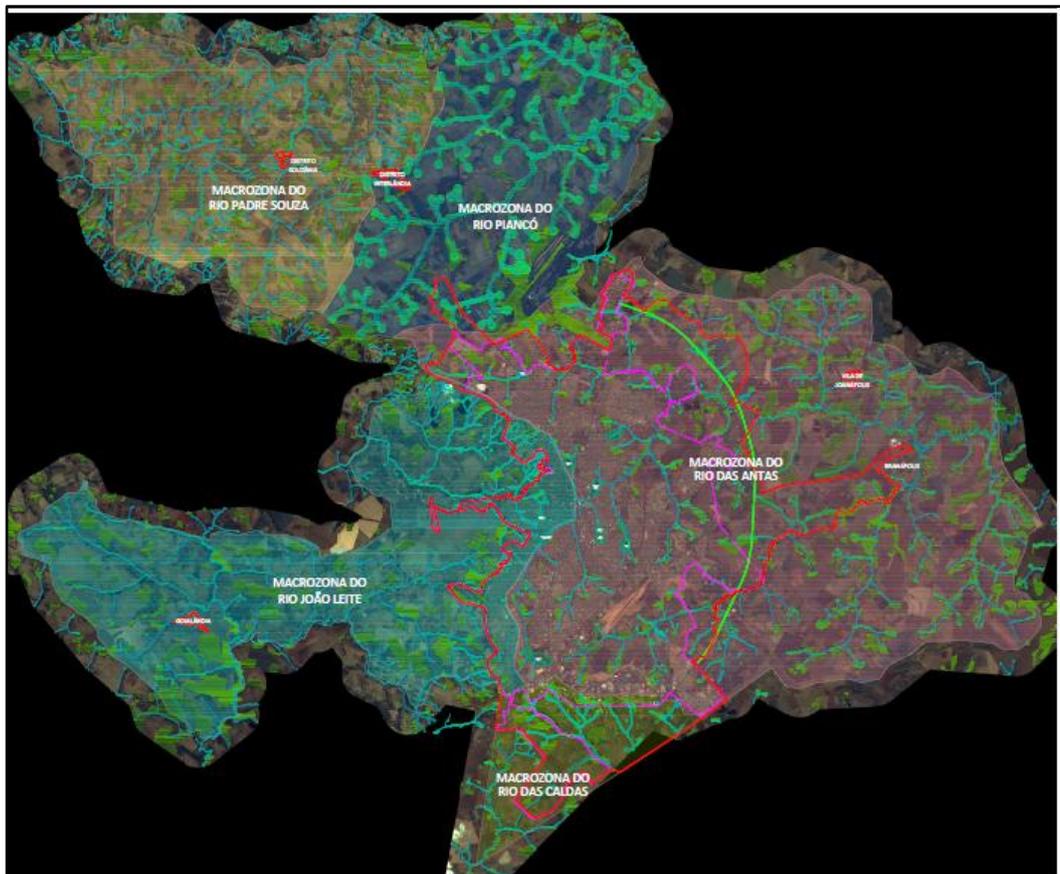
Segundo Ferreira (2009) o Rio das Antas é a bacia mais ligada à história da cidade, recebendo a mesma nomenclatura da antiga fazenda que existia na região. Possui á área mais representativa dentre as bacias que percorrem o município que são representadas pela figura 11, com uma extensão de 27.680 metros de sudoeste a nordeste, percorrendo grande território com alto grau de urbanização.

Esta bacia, no decorrer das últimas 3 décadas, vem sendo ocupada sem o devido planejamento de infraestrutura e de urbanismo. O que resulta em desmatamento e impermeabilização em diferentes pontos da bacia hidrográfica sem a devida verificação da sua capacidade de suporte de corpos receptores como a drenagem pluvial. O resultado dessa ocupação desordenada e sem regulamentação é observado pela população, pois ocorrem constantes casos de enchentes nos períodos chuvosos (ARGOLO, 2015).

Da sua nascente principal, que se situa próximo à BR 153, na área do Centro Agrícola Sócrates Diniz, até o Bairro Nações Unidas onde se verifica poucas edificações. Na Avenida Brasil Sul e Rua Miguel João, onde o Antas se encontra com o Córrego Góis inicia-se a sua canalização, o que ocasiona com bastante frequência inundações no período chuvoso (FERREIRA, 2009).

Segundo Argolo (2015) a nascente do Antas sofre alterações do seu curso natural, devido a construção do túnel da ferrovia Norte-Sul, e da instalação de novos loteamentos e a construção do Centro de Convenções de Anápolis, o que demonstra a crescente urbanização ao decorrer dos trechos da bacia prejudicando seu estado natural.

**Figura 11 - Macrozonas das bacias do município de Anápolis**



Fonte: Plano Diretor de Anápolis, 2016.

Onde o perímetro do município está ilustrado pelas linhas cinza, o perímetro urbano em 2016 pelas linhas vermelhas, o perímetro urbano do município de Anápolis em 2013 pelas linhas rosas e a faixa dos 5KM BR-153 de linhas verdes. E os macrozoneamentos pelas colorações distintas como, bege para o Rio Padre Souza, azul escuro para o Rio Piancó, Rosa

para o Rio das Antas, azul claro para o Rio João Leite e verde para o Rio das Caldas. (PLANO DIRETOR DE ANÁPOLIS, 2016).

## 4.2 URBANIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

Desde a sua fundação até a década de 80 a cidade de Anápolis teve um desenvolvimento espontâneo e natural sem planejamento algum ou planos de ocupação que visassem a preservação dos recursos naturais sobre tudo suas bacias. Onde na aplicação da Lei municipal de nº 160/1969 que instituíu o primeiro Plano Diretor Físico não continha recusos efetivos para conter nos anos seguintes o intenso parcelamento do solo, o que permitiu o aparecimento de diversos loteamentos implantados de forma aleatória que desacompanhava na sua maior parte a infraestrutura básica (CORRÊA, 2005).

Ainda de acordo com Corrêa (2005) somente em 1986 Anápolis elaborou o seu segundo Plano Diretor Físico, para desta forma compor sua organização territorial em suas diretrizes de uso e ocupação do solo considerando suas potencialidades, propondo a redução de seu perímetro urbano para que assim se minimize os vazios urbanos pré-existentes, e em 1992 surge a lei nº 2077/1992 instituindo o terceiro Plano Diretor Físico que tinha como exigências a implantação de infraestrutura básica para o parcelamento do solo, trato e preservação das áreas verdes, dos córregos e fundos de vale como na restrição do perímetro urbano, com o objetivo de ocupação ordenada a malha urbana.

O que levou Anápolis a entrar no século XXI com enorme carência de infraestrutura o que traz desafios, onde cabe ao poder pública a missão de propor ações de políticas e intervenções estruturais urbanas que levem em consideração o desenvolvimento populacional e uma ocupação ordenada do solo por parte da população de maneira racional e sustentável. Onde atualmente a população que sobrecarrega os recursos naturais principalmente hídricos os comprometendo, fatores que geram grandes desafios a serem transpostos visto que provocam impactos crescentes o que compromete a preservação ambiental e a qualidade da vida urbana (CORRÊA, 2005).

## 4.3 PROBLEMÁTICA

A cidade de Anápolis nas temporadas chuvosas tem grande incidência de alagamentos e inundações. Segundo dados retirados da reportagem do site da TV Globo em apoio a TV Anhanguera, G1 (2018) demonstra casos de intenso alagamento o que deixa carros

ilhados, outros pontos da cidade com intenso grau de alagamento e até mesmo uma pequena queda d'água no ponto de análise deste estudo, como pode ser demonstrado pelas figuras 12 e 13 (TV ANHANGUERA G1, 2018).

Segundo dados coletados pelo Jornal Estado de Goiás (2018) com levantamentos divulgados durante a Operação Enchentes e Alagamentos 2017/2018, realizada pelo Corpo de Bombeiros, existem 53 áreas de risco em Anápolis onde 32 são pontos de alagamentos, segundo o chefe da Sessão de Defesa Civil do 3º Batalhão de Bombeiro Militar (3º BBM), esses pontos são regiões baixas da cidade onde geralmente a água se concentra.

**Figura 12 - Queda d'água na Avenida Isidoro Sabino**



Fonte: Tv Ananguera G1, 2018.

**Figura 13 - Ponto onde o rio transborda e inunda a ponte**



Fonte: Tv Ananguera G1, 2018.

Essas imagens ilustram o risco causado pelo mau gerenciamento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, que traz um enorme transtorno para a população gerando impactos em certas vezes irreversíveis, devido a falta de planejamento adequado.

#### 4.3.1 Avenida Isidoro Sabino

A Avenida Isidoro Sabino Rodrigues está localizada no bairro Parque das Primaveras no município de Anápolis – Goiás, é um ponto baixo da cidade que sofre muito com os problemas de enchentes e alagamentos nos períodos chuvosos, onde a chuva faz o Rio das Antas transbordar e invadir a pista.

Segundo dados coletados com a ajuda dos moradores do local, é uma região que oferece grande perigo para a população nos períodos de chuva, pois a avenida sofre muito com o impacto das cheias do rio, inclusive em uma visita ao local foi registrada em imagem a situação do asfalto, que em alguns pontos sedeu a grande força das águas como demonstra as figuras 14 e 15.

**Figura 14 - Parte onde o asfalto cedeu e retêm água**



Fonte: Autoral, 2018.

Figura que ilustra o real impacto causado pelas enchentes no local, onde se á relatos de que a força das águas em dias de chuva já carregaram pessoas com a correnteza e até deixaram carros totalmente ilhados, e pessoas com risco de vida que foram salvas por moradores da região que ali estavam.

**Figura 15 - Local onde asfalto cedeu e rompeu parte da aduela de drenagem**



Fonte: Autoral, 2018.

No local após a passagem das chuvas se torna propício a doenças geradas por insetos, pois gera um ambiente favorável para reprodução dos mesmos, por grande parte da água que passa por ali não ter um escoamento eficaz e rapido gerando poças que segundo moradores ficam por dias no local, onde o asfalto está sedimentado o que também ocasiona em perigo de desmoronamento, trazendo insegurança para quem mora nas proximidades.

Foi feita a análise do caso junto com os estudos da literatura, onde conseguimos averiguar que é um ambiente que sofreu alterações para receber a população, onde as mesmas resultam na inflamação das ocorrências de enchentes no local, por motivos como o descarte de lixos e peneus na margem da bacia, e por tentativas falhas de solução que em conjunto gera o assorramento, esse que interrompe parte da passagem das aduelas do local que é demonstrado na figura 16.

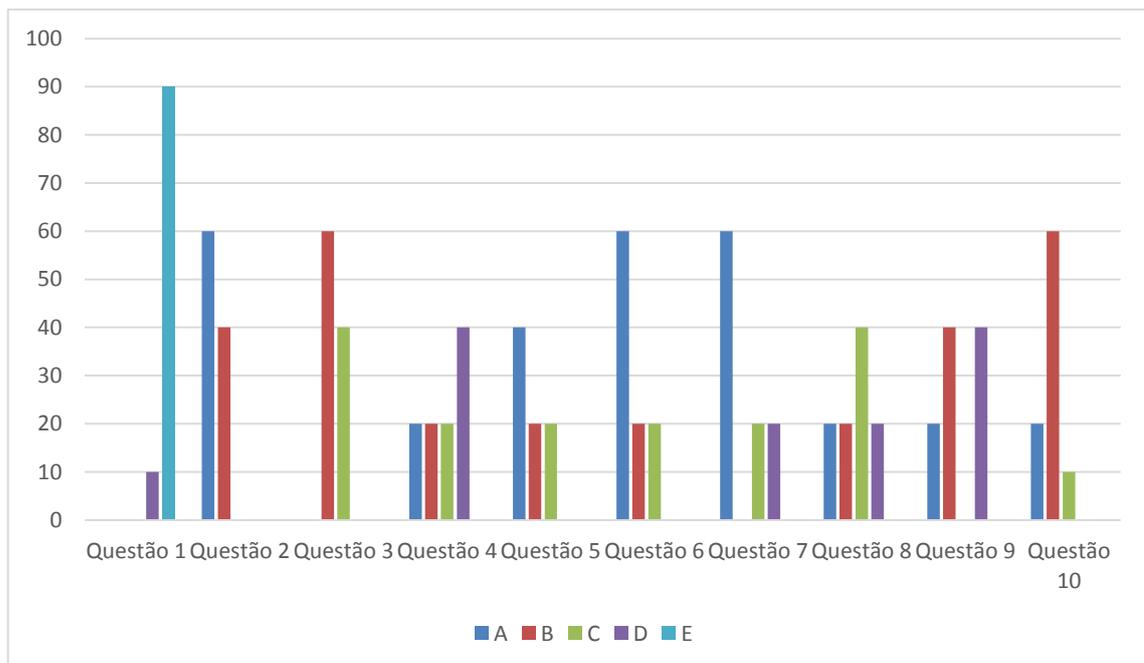
**Figura 16 - Estado das aduelas Av. Isidoro Sabino**



Fonte: Autorial, 2018.

Foi elaborado um questionário que é encontrado no Apêndice A, e passado aos moradores da região para a análise da forma que o problema do local afeta em suas vidas, onde em forma de gráfico é demonstrado as porcentagens das respostas, esse mesmo que é representado pela figura 17 :

**Figura 17 - Gráfico das respostas do questionário**



Fonte: Autorial, 2019.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base em todo o estudo apresentado é possível compreender melhor a problemática da região onde para ter um maior aprofundamento no caso foi realizado uma pesquisa direcionada aos moradores da região de modo, a saber, como é a sua forma de vida e onde tais fenômenos podem interferir em seu dia a dia para assim sugerirmos uma melhor proposta para a solução desses eventos.

Foi realizado levantamento da proporção das enchentes do local e como elas ocorriam, onde como demonstrado no capítulo anterior por muitas vezes estropolavam a altura do asfalto oque demonstra que as passagens destinadas a água não suportam a atual vazão gerada em temporadas chuvosas.

Foi descartado métodos de controle pela inviabilidade de implementá-los no local, como os reservatórios de contenção que não poderia ser utilizado pela grande desapropriação que teria de ser feita e pelas proporções dos eventos, asfalto permeável pelo seu alto custo e dificuldade em manutenção onde em nosso país ainda temos pouco conhecimento sobre os métodos, e as trincheiras de infiltração que é um recurso novo ainda pouco utilizado em nosso país oque traz dificuldades em seu uso.

Diante do exposto na literatura sobre o caso, temos como sugestão o cálculo da nova vazão proveniente das precipitações, para que a partir desse mesmo se possa ser feito o dimensionamento de novas aduelas para a passagem da água, após a implementação desse novo sistema ser aterrado o local por cima das aduelas assim elevando o nível da ponte por onde passa a avenida, oque é ilustrado pelas figuras 18 e 19 que mostram diferentes vistas para melhor detalhar a sugestão.

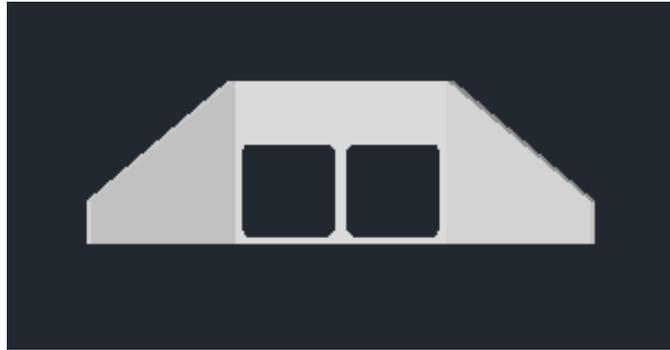
**Figura 18 - Vista lateral da aduela**



Fonte: Autoral, 2019.

A figura 18 demonstra como seria o novo aspecto da ponte, após o dimensionamento de novas aduelas e a criação de guarda rodas, acima das aduelas está o ponto onde seria aterrado e posteriormente asfaltado, trazendo maior conforto e segurança para a população.

**Figura 19 - Vista frontal das aduelas**



Fonte: Autoral, 2019.

A vista frontal representada pela figura 19, dá uma demonstração de como seria as novas aduelas com uma capacidade maior de passagem para que o fluido passe pela parte de baixo da avenida e não estrapole o limite, onde o guarda rodas também pode ser útil como quebra da força de futuras enchentes.

Onde as figuras demonstram que as novas aduelas teriam uma capacidade maior para comportar a nova vazão e que o nível maior da avenida limita os riscos da passagem da água pela parte superior da ponte, assim solucionando as ocorrências de enchentes.

Diante do levantamento das informações apresentadas sugere-se que seja feito cálculos para elevação do nível da ponte e do dimensionamento das aduelas para que o projeto tenha a eficiência necessária para a passagem da água por de baixo da ponte, evitando os alagamentos provocados atualmente.

## REFERÊNCIAS

- ACIOLI, Laura Albuquerque. **Estudo Experimental de Pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte** / Laura Albuquerque Acioli. – Porto Alegre, 2005.
- ALVES, Elisânia Magalhães. **Medidas não estruturais na prevenção de enchentes em bacias urbanas: cenários para a bacia do Gregório, São Carlos – SP** / Elisânia Magalhães Alves. – São Carlos, 2005.
- ANA: Agência Nacional de Águas.** Disponível em <  
<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/usos-da-agua/abastecimento> > acesso em 20 de out, 2018.
- ARGOLO, Eduardo Dourado. **Simulações e modelagem hidrológica de microbacia urbana para previsão de inundações: o caso do Rio das Antas na cidade de Anápolis-Go** / Eduardo Dourado Argolo – Anápolis: Centro Universitário de Anápolis UniEvangélica, 2015.
- BICUDO, C.E.de M.; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B., orgs. B583a **Águas do Brasil: análises estratégicas** / Carlos E. de M. Bicudo; José G. Tundisi; Marcos C. Barnsley Scheuenstuhl – São Paulo, Instituto de Botânica, 2010.
- CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes** / Aluísio Pardo Canholi. – São Paulo : Oficina de Textos, 2005.
- CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres: desastres naturais.** Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003.
- CORRÊA, Fábio Maurício. **Impactos Antrópicos Sobre a Qualidade das Águas no Rio das Antas na Área Urbana da Cidade de Anápolis – Goiás: Uma Abordagem Para Gestão Ambiental.** Dissertação (Mestrado) – Departamento de Planejamento e Gestão Ambiental. Universidade Católica de Brasília. Brasília, 2005.
- CNRH: Conselho Nacional de Recursos Hídricos.** 08 jan.,2018. Disponível em <  
<http://www.cnrh.gov.br/cnrh> > acesso em 20 de out, 2018.
- CNRH. Resolução n.32, de 15 de outubro de 2003. Anexo I e Anexo II.** Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2003.
- CRUZ, M. A. ; TUCCI, C. E. M. . **Avaliação dos cenários de planejamento na drenagem urbana.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos , v. 13, p. 59-71, 2008.
- ENOMOTO, Carolina Ferreira. **Estudo de medidas não-estruturais para controle de inundações urbanas.** Carolina Ferreira Enomoto, Alceu Gomes de Andrade Filho, Marcos Rogério Széliga - UEPG - Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias; 6 (1): 69-90, 2000.

FERREIRA, Edilene Porto. **Caracterização socioambiental da microbacia do rio das Antas no município de Anápolis (GO) : Subsídios para gestão e conservação** / Edilene Porto Ferreira. – Anápolis, 2009.

FRAGA, Nilson Cesar. **As Enchentes no Vale do Itajaí-Açu/SC: das obras de contenção à indústria da enchente - a problemática ambiental e a relação homem/natureza na busca de soluções. RA'EGA - O Espaço Geográfico em Análise.** Curitiba, PR, v.n. 5, n. a. v, p.125-148, 2002.

HUFFNER, Anelise Nardi. **Otimização para Controle de Alagamentos Urbanos: Aplicação na Bacia Hidrográfica da Vila Santa Isabel em Viamão, RS** / Anelise Nardi Huffner. – Porto Alegre, 2013.

**IBGE:** Disponível em < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/anapolis/panorama> > Acesso em 29 de ago, 2018.

**IBGE:** Disponível em < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=resultados> > Acesso 15 de out, 2018.

JORNAL ESTADO DE GOIÁS. **Anápolis soma 32 pontos de alagamento afirma Defesa Civil.** Ana Clara Itagiba. Disponível em < <http://www.jornalestadodegoias.com.br/2018/05/02/anapolis-soma-32-pontos-de-alagamento-afirma-defesa-civil/> > Acesso em 06 de out. de 2018.

KOBIYAMA, Masato. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos** / Masato Kobiyama, Magaly Mendonça, Davis Anderson Moreno, Isabela Pena Viana de Oliveira Marcelino, Emerson Vieira Marcelino, Edson Fossatti Gonçalves, Letícia Luiza Penteadó Brazetti, Roberto Fabris Goerl, Gustavo Souto Fontes Moller, Frederico de Moraes Rudorff – Curitiba: Ed. Organic Trading , 2006.

MATTEDI, Marcos Antônio. **As enchentes como tragédias anunciadas: impactos da problemática ambiental nas situações de emergência em Santa Catarina** / Marcos Antônio Mattedi. - - Campinas, SP : [s. n.], 1998.

MENDES, Heloisa Ceccato. **Urbanização e impactos ambientais : histórico de inundações e alagamentos na bacia do Gregório, São Carlos – SP** / Heloisa Ceccato Mendes. – São Carlos, 2005.

MIGUEZ, Marcelo Gomes. **Drenagem urbana : do projeto tradicional à sustentabilidade** / Marcelo Gomes Miguez, Aline Pires Veról, Osvaldo Moura Rezende. – 1.ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

NETTO, José M. Azevedo. **Cronologia dos Serviços de Esgotos, com especial menção ao Brasil.** Revista do Departamento de águas e esgotos. 33. Ed., 1959, São Paulo.

PORTO, Monica F.A.; PORTO, Rubem La Laina. **Gestão de bacias hidrográficas.** Revista Estudos Avançados, Dossiê Água. Vol.22, n. 63,p. 43-60, São Paulo: USP, 2008.

Prefeitura de Anápolis. Disponível em <  
<http://www.anapolis.go.gov.br/portal/anapolis/aspectos-geograficos/> > Acesso 10 de Nov.  
 2018.

Plano Diretor de Anápolis. **Lei Complementar nº 349, de 07 de julho de 2016.** Anexo XI  
 Macrozonamento. Anápolis, 2016.

POMPÊO, Cesar Augusto. **Drenagem urbana sustentável.** Revista Brasileira de Recursos  
 Hídricos, volume 5, n. 1, p. 15-24, jan/mar 2000. Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

SILVA, Elmo Rodrigues da. **O curso da água na história: Simbologia, Moralidade e a  
 gestão de recursos hídricos** / Elmo Rodrigues da Silva. – Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo  
 Cruz/ENSP, 1998.

SOUZA, Vladimir Caramori Borges de. **Estudo Experimental de Trincheiras de  
 Infiltração no Controle da Geração do Escoamento Superficial** / Vladimir Caramori  
 Borges de Souza. – Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

SZESZ, João Ricardo Sampaio. **Utilização de Micro-Reservatórios de Detenção para  
 Atenuação de Inundações em bacias urbanas.** João Ricardo Sampaio Szesz, Alceu Gomes  
 de Andrade Filho, Marcos Rogério Széliga - UEPG - Ciências Exatas e da Terra, Ciências  
 Agrárias e Engenharias; 6 (1): 47-68, 2000.

TEODORO, Valter Luiz Iost. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da  
 caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local** / Valter  
 Luiz Iost Teodoro, Denilson Teixeira, Daniel Jadyr Leite Costa, Beatriz Buda Fuller – Revista  
 UNIARA, n.20, p. 137-157, 2007.

TUCCI, C. E. M. . **Água no Meio Urbano.** In: Aldo da Cunha Rebouças; Benedito Braga;  
 José Galizia Tundisi. (Org.). Águas Doces no Brasil. 1ed.São Paulo: Escriuras, 1999, v. 1, p.  
 475-508.

TUCCI, Carlos E. M. **Gerenciamento da drenagem urbana.** Revista Brasileira de Recursos  
 Hídricos, v.7, n. 1,p. 5-27, jan/mar 2002.

TUCCI, Carlos E. M. ; BERTONI, Juan Carlos. **Inundações Urbanas na América do Sul** /  
 Carlos E. M. Tucci, Juan Carlos Bertoni (organizadores). - Porto Alegre: Associação  
 Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

TV ANHANGUENTA G1. **Chuva deixa ruas alagadas e veículos ilhados em Anápolis.**  
 Por Vanessa Martins e Liliane Bueno. Disponível em <  
[https://g1.globo.com/go/goias/noticia/2018/10/21/chuva-deixa-ruas-alagadas-e-veiculos-  
 ilhados-em-anapolis.ghtml](https://g1.globo.com/go/goias/noticia/2018/10/21/chuva-deixa-ruas-alagadas-e-veiculos-ilhados-em-anapolis.ghtml) > Acesso em 22 de out. 2018.

ZAMPRONIO, Gustavo Bezerra. **Integração de Técnicas para Apoio à Gestão de Sistemas  
 de Drenagem Urbana Aplicada a uma Bacia Hidrográfica no Município do Rio de  
 Janeiro** / Gustavo Bezerra Zampronio. – Rio de Janeiro : UFRJ/COPPE, 2009.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Questionário sobre enchentes avenida Isidoro Sabino Rodrigues

Questão 1: A quanto tempo você mora na região?

- a) De 1 a 3 anos.
- b) De 3 a 5 anos.
- c) De 5 a 7 anos.
- d) De 7 a 10 anos.
- e) Mais de 10 anos.

Questão 2: Dentre os itens abaixo qual foi o mais afetado pelas enchentes na av. Isidoro Sabino Rodrigues?

- a) Segurança.
- b) Saúde.
- c) Lazer.
- d) Acessibilidade.
- e) Outros.

Questão 3: Registros demonstram que existe descarte de pneus no Trecho do Antas que passa pela av. Isidoro Sabino Rodrigues, escolha dentre os itens abaixo que em sua opinião é a resultante desse descarte:

- a) Os pneus não geram transtorno.
- b) Os pneus ajudam a inflamar o problema.
- c) Os pneus são tratados com descaso pela população.
- d) O local é propício para o descarte destes objetos.
- e) Outros.

Questão 4: Dentre os itens abaixo, qual representa a situação da região?

- a) Houve redução no fluxo de veículo e pessoas.

- b) Desvalorizou os imóveis do local.
- c) Não houve nenhuma alteração de acordo com tempos antes das enchentes.
- d) A região tornou-se um local perigoso.
- e) Outros.

Questão 5: Qual o maior risco que as enchentes trazem para a região?

- a) Risco de acidentes – onde a força das águas lavam carros, motocicletas ou pessoas.
- b) Risco ambiental – poluição do sistema hídrico do Antas.
- c) Riscos de saúde – doenças devido a sujeira que as enchentes trazem.
- d) Não trouxe riscos á região.
- e) Outros.

Questão 6: De que forma as enchentes afetam o meio ambiente em sua opinião?

- a) Levando as sujeiras e dejetos ao córrego.
- b) Causando perca de vida animal e vegetal (devido a poluição).
- c) Causando princípios de erosão devido a força das águas.
- d) As enchentes são fenômenos naturais e não afetam o meio ambiente.
- e) Outros.

Questão 7: Qual o principal fator que influência na frequência das enchentes?

- a) A urbanização sem planejamento.
- b) A declividade do local.
- c) Pouca cobertura vegetal ( impossibilitando a absorção da água).
- d) Uso do solo de maneira inadequada.
- e) Outros.

Questão 8: Em sua opinião o que motiva a ocorrência de enchentes?

- a) Mau planejamento do sistema de drenagem urbana.
- b) Falta de conscientização ambiental da população.

- c) Devido ao crescimento populacional – urbanização.
- d) Impermeabilização abundante e retirada da camada vegetal
- e) Outros.

Questão 9: Oque já fez para tentar solucionar o problema?

- a) Acionou a prefeitura.
- b) Acionou a imprensa.
- c) Fez abaixo-assinado.
- d) Não fez nada.
- e) Outros.

Questão 10: Dentre os métodos abaixo, em sua opinião qual seria a melhor opção para minimizar os problemas causados pelas enchentes?

- a) Controle do escoamento da água através do acréscimo de sistemas de drenagem.
- b) Medida estrutural para controle de enchentes – asfalto permeável / aumento do nível da ponte / trincheiras de infiltração.
- c) Medida não estrutural para controle de enchentes – recobrimento da vegetação / conscientização ambiental da população / fiscalização do uso dos terrenos.
- d) Conjunto de medidas estruturais e não estruturais.
- e) Outros.