

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

Lucas Davi Depaci Alves

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(lucas_valgart@hotmail.com)*

Wender Luis Nogueira

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(n.wender07@gmail.com)*

Carlos Eduardo Fernandes

*Professor Mestre, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(caduengcivil@hotmail.com)*

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 percas 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 percas 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 à estruturas de controle podem solucionar e extinguir as ameaças geradas pelos episódios de inundação.

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

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 mal gerenciada pode trazer grandes malefícios, criando assim então certas precauções sobre como tratar essa imensa fonte de vitalidade para a sociedade.

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.

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.

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.

2 ÁGUA EM MEIO URBANO

Desde os tempos mais antigos, as civilizações procuravam se manter próximas aos rios, confirmando 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).

De acordo com Mattedi (1999) 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 pouca 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 quantidade de habitantes. Nos grandes centros urbanos há uma expressiva taxa populacional e forte demanda de recursos hídricos, que

por sua vez em varios casos, são atingidos pela poluição e por consequência, há uma baixa na qualidade das águas o que torna o abastecimento muito desafiador.

No Brasil existe uma grande divisão hidrográfica, onde se existem 12 divisões, essas que são ilustradas pela Figura 2, enquanto o Quadro 4 detalha de forma mais objetiva essas divisões:

Figura 1 - Divisão Hidrográfica Nacional



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

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).

Segundo Monica 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.

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 pública que são ocupadas pela população mais carente, o que traz dificuldade às ações de controle ambiental urbano (TUCCI, 2002).

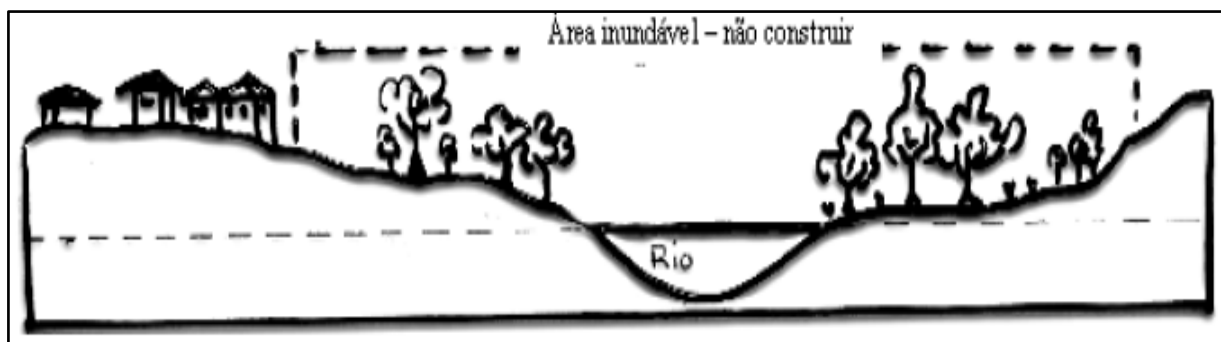
Tabela 1 - Crescimento da população Brasileira e a taxa de urbanização

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).

Onde essa população se arrisca em construir moradias em áreas de risco de inundação como ilustrado na Figura 2:

Figura 2 - Área sujeita a inundação



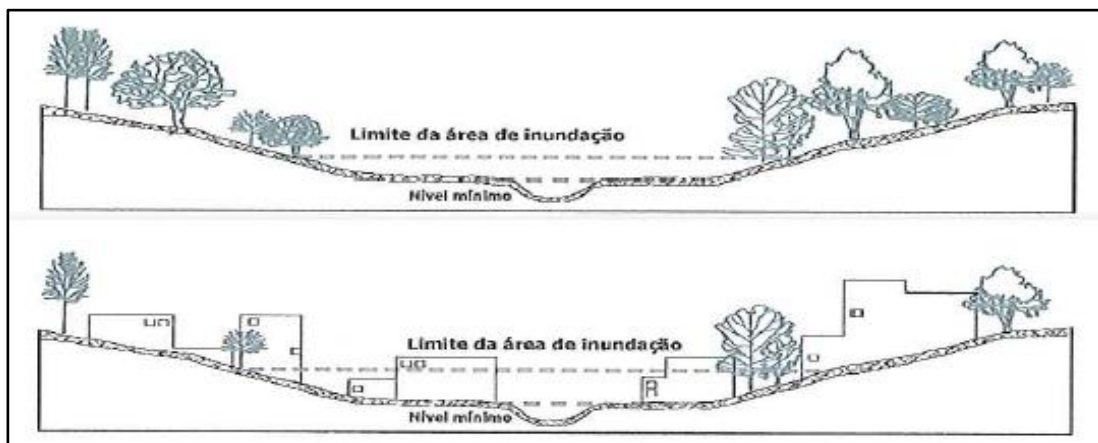
Fonte: Kobiyama et al. (2006).

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).

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. Que pode ser demonstrado de forma ilustrativa pela Figura 3.

Figura 3 - Impacto devido a urbanização



Fonte: Elisânia Alves (2005).

2.3.1 Impactos Ambientais

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

2.3.1 Enchentes e Inundações

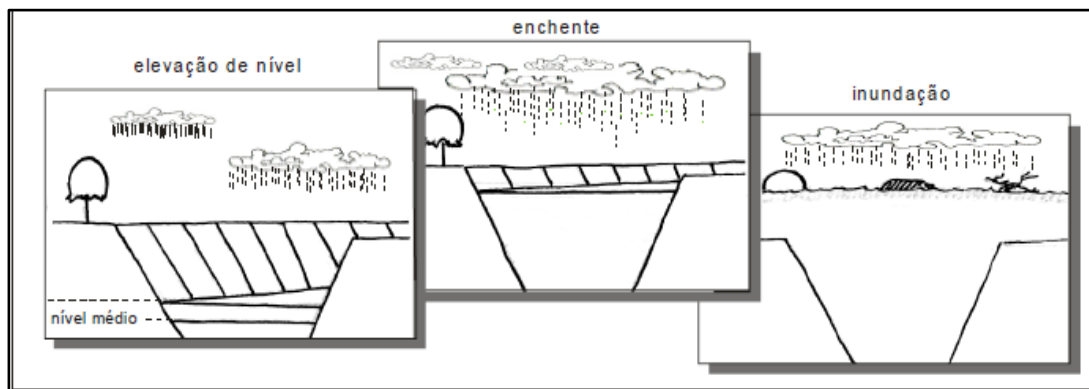
Segundo Tucci e Bertoni (2003) a inundação urbana ou popurlamente conhecida como enchente, é uma ocorrência tão arcaica quanto as cidades ou qualquer aglomeramento urbano. A enchente ocorre quando as águas dos rios, bacias, galerias pluviais ou riachos saem do leito de escoamento carecido da capacidade 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 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 a figura 4.

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 escoo 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.

Figura 4 - Evolução do aumento do nível das águas do leito do rio



Fonte: Kobiyama et al. (2006).

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.

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, porém 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 porém causa um número maior de mortes.

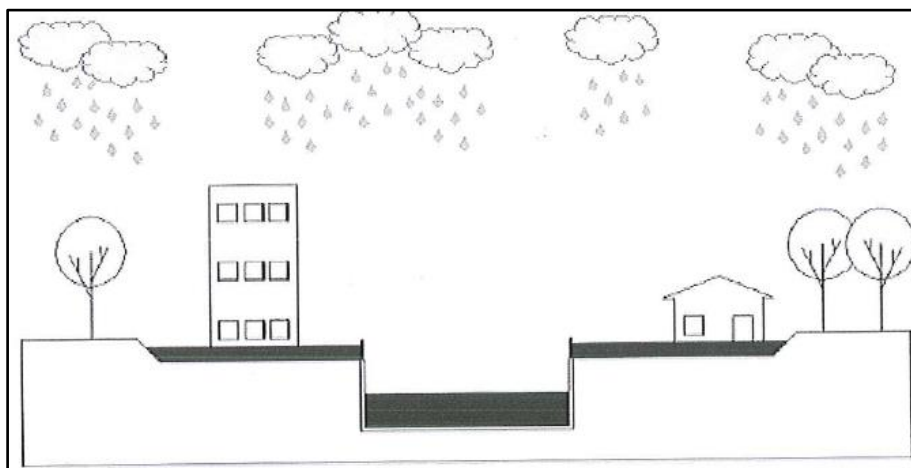
2.3.2 Alagamentos

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 acúmulo de água gerado pela precipitação, o que traz acúmulos 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 5.

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

Figura 5 - 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.

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).

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

(continua)

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%
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%

Tabela 3 - Número de Inundações por Região no período de 1973 a 2002

(conclusão)

Região	Número de Inundações entre 1973 e 2002	Porcentagem em relação ao Número Total de Inundações no Mundo entre 1973 e 2002
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.

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 a 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 1 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 1 - Estratégias e opções em gestão de enchentes

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

Fonte: Alves, 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.

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

Onde a 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.

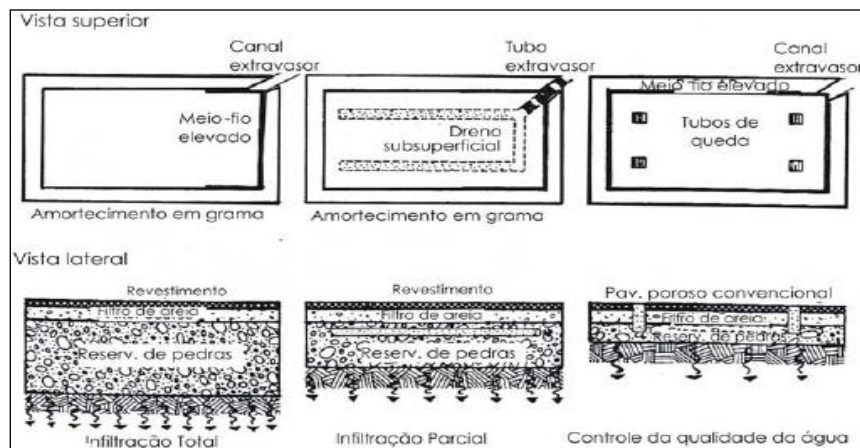
Onde se vê como um dos riscos do microreservatório a chance de rompimento devido ao seu pequeno porte, e o fato de não receber cargas constantes das chuvas deixando seu dimensionamento mais singelo e menos resistente, gerando um transtorno contrário ao de seu objetivo, que é funcionar como a quebra das 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 6 ilustra os três tipos de pavimento permeável existentes, que respectivamente são, de infiltração total, de infiltração parcial 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 6 – Esquema dos tipos de pavimentos permeáveis



Fonte: Acioli, 2005.

Esses três sistemas têm 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 contem a maior gama dos poluentes.

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

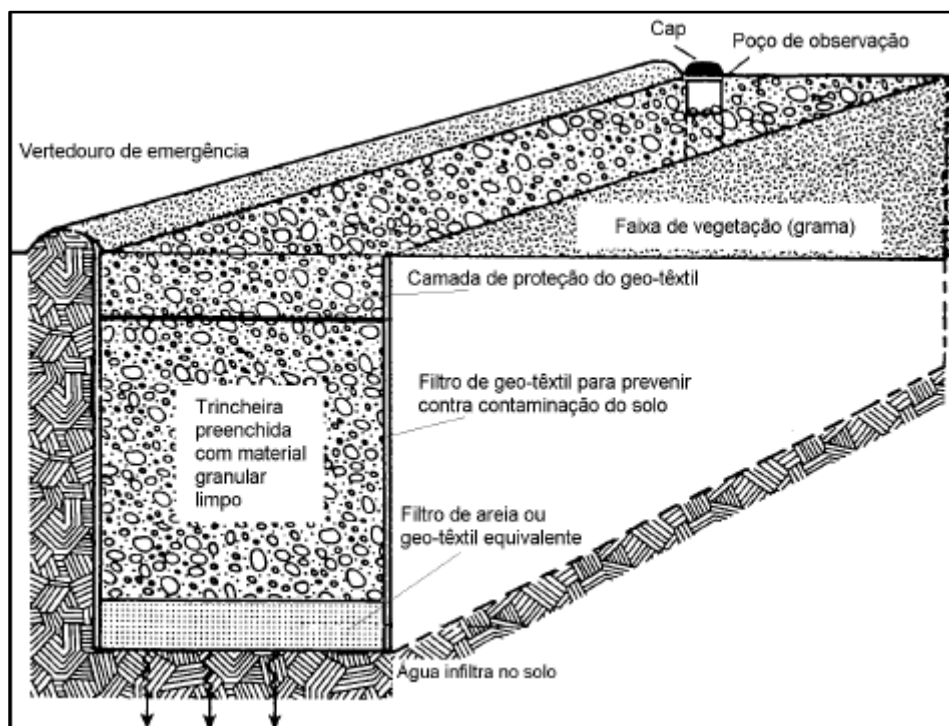
3.4 TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO

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 7 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:

As dificuldades que se encontram na utilização deste modelo de estrutura como parte do sistema de drenagem é a baixa gama de informações sobre sua performace, especialmente no que se trata ao longo prazo e seus pontos qualitativos. O que cabe ao poder público tomar a inciativa 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 pravalecer o bom estado de manutenção pra quem optar por esse recurso de drenagem (SOUZA, 2002).

Figura 7 – Trincheira de Infiltração típica



Fonte: 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 várias 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 Goianópolis 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 a área mais representativa dentre as bacias que percorrem o município com uma

extensão de 27.680 metros de sudoeste a nordeste, percorrendo grande território com alto grau de urbanização.

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.

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 visasse a preservação dos recursos naturais sobre tudo suas bacias. Onde na aplicação da Lei municipal de nº 160/1969 que instituía 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 os 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

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.

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.

Figura 8 - Estado das aduelas Av. Isidoro Sabino



Fonte: Autoral, 2018.

Figura 9 - 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 rápido 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 lixo e peneus na margem da bacia, e por tentativas falhas de solução que em conjunto gera o assoreamento, esse que interrompe parte da passagem das aduelas do local que é demonstrado na figura 8 e na figura 9 confirma os danos causados pela força das águas.

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.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base em todo o estudo apresentado se consegue entender melhor a problemática da região onde para ter um maior aprofundamento no caso fizemos 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.

Fez-se análise da proporção das enchentes do local e como elas ocorriam, onde como demonstrado no capítulo anterior por muitas vezes estapavam 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.

Após uma ampla reflexão 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 10 e 11 que mostram diferentes vistas para melhor detalhar a sugestão.

A figura 10 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 10 - Vista lateral da aduela



Fonte: Autoral, 2019.

Figura 11 - Vista frontal das aduelas



Fonte: Autoral, 2019.

A vista frontal representada pela figura 11, dá um vislumbre 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 apresentam que as novas aduelas terem 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.

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. **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.

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://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 Penteado 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.

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.

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.

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.

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.

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, 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.