

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Engenharia Agrícola e Ambiental

**ESTUDO DO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS: UM
COMPARATIVO ENTRE AS CAPITAIS DOS ESTADOS
BRASILEIROS COM O MUNICÍPIO DE MONTES CLAROS-MG**

LUCAS GABRIEL MEIRA SANTANA

Montes Claros – MG

2019.

Lucas Gabriel Meira Santana

**ESTUDO DO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS: UM
COMPARATIVO ENTRE AS CAPITAIS DOS ESTADOS
BRASILEIROS COM O MUNICÍPIO DE MONTES CLAROS – MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientadora: Dra. Júlia Ferreira da Silva

Montes Claros/MG

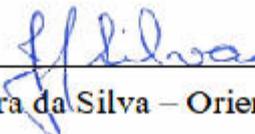
2019

Lucas Gabriel Meira Santana. ESTUDO DO MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS: UM COMPARATIVO ENTRE AS CAPITAIS DOS ESTADOS BRASILEIROS COM O MUNICÍPIO DE MONTES CLAROS-MG

Aprovado pela banca examinadora constituída por:

Dra. Francinete Veloso Duarte – ICA/UFMG

Me. Aldenir Teixeira da Gama – Doutoranda, ICA/UFMG



Dra. Julia Ferreira da Silva – Orientadora, ICA/UFMG

Montes Claros, 02 de julho de 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado força e saúde para superar todas as dificuldades.

Aos meus pais Vera Meira, Valdecir Santos, Advaldo Santana e Patrícia França que apesar de todas as dificuldades, sempre estiveram ao meu lado me incentivando e apoiando para concretizar o meu sonho.

A minha família, que me apoiou e me fortaleceu durante toda essa caminhada, a todos os tios, primos, avôs e avós, em especial a minha avó Tereza Magnolia, meus tios João Meira e Aparecida Meira e aos meus padrinhos Paulo Meira e Helia Meira.

A minha namorada Laura Borges, que esteve comigo nos momentos difíceis, me dando confiança e força para seguir em frente.

Aos professores que, durante a minha caminhada puderam transmitir o conhecimento para que eu pudesse chegar hoje onde estou.

Aos meus amigos de faculdade, no qual tive a honra e a sorte de poder compartilhar uma época e diversos momentos no qual levarei por toda a vida. Em especial aos colegas de sala Filipe Ferreira, Lucas Carneiro, Josué Ferreira, Herley Feliciano, Carlos Yang, Sílvia Cecília e Ramon Lima.

A minha orientadora Julia Ferreira, que aceitou encarar esse desafio, dando suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Sempre ficam as lacunas, mas tenta-se contemplar a todos. Por mais solitário que seja nenhum trabalho é realizado sem colaboração. Desta forma, agradeço aos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha caminhada durante a graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, o meu muito obrigado.

“Seja a mudança que você quer ver no mundo”.
(Mahatma Gandhi)

RESUMO

A relação entre as cidades e os cursos d'água é antiga e caracterizada pela necessidade de sobrevivência acompanhada pela riqueza e prosperidade das terras próximas. As cheias são características naturais sazonais dos rios que, na medida em que a urbanização foi crescendo e a ocupação nas margens dos cursos d'água foram aumentando, começaram a ocasionar perdas materiais e proliferação de doenças. A partir daí houve a criação de sistemas de drenagem para períodos de cheias, porém, com o passar das décadas e o crescente desenvolvimento urbano os sistemas criados não eram mais capazes de suprir a demanda hidrológica, em função do uso e ocupação do solo que foi criando, cada vez mais, zonas impermeáveis, impossibilitando a infiltração da água no solo. O objetivo deste trabalho foi estudar a situação do manejo de águas pluviais nos principais centros urbanos do Brasil para fazer a comparação com o município de Montes Claros/MG. Para o estudo foram selecionados 27 municípios, capitais dos estados brasileiros e o município de Montes Claros – MG. As capitais foram escolhidas por serem os principais centros urbanos de cada estado, sendo as referências para os demais municípios. Os dados utilizados neste estudo foram obtidos em sites do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS sobre Diagnóstico de Águas Pluviais do ano de 2017. Os dados selecionados nos documentos analisados foram: gestão do serviço, regulação do serviço e informações dos municípios estudados, tais como informações econômico-financeiras e administrativas, infraestrutura, manutenção e gestão de risco. Os resultados foram compilados e dispostos em gráficos, quadros e tabelas. Concluiu-se que o manejo de águas pluviais no Brasil é escasso e a falta de instrumentos, investimentos e políticas públicas impossibilitam o avanço do setor. No município de Montes Claros as ferramentas de gestão das águas pluviais são praticamente inexistentes quando comparadas aos demais municípios estudados, embora estejam equiparadas com João Pessoa/PB e Boa Vista/RR.

Palavras-chave: Plano diretor. Saneamento básico. Drenagem. Urbanização.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Hidrogramas de áreas urbanizadas e de área não urbanizada em relação à vazão e ao tempo.....	13
Figura 2 – Ilustração dos níveis de elevação ocasionados.....	14
Figura 3 – Situação dos Municípios brasileiros em relação à existência de Plano Municipal de Saneamento Básico, no ano de 2013	16
Quadro 1 – Medidas estruturais e medidas não estruturais derivadas das BMPs, MRs	18
Quadro 2 – Instrumentos mais comuns utilizados para a medição de precipitações.....	19
Quadro 3 – Novos Conceitos que visam a sustentabilidade dos sistemas de manejo e de águas pluviais	19
Quadro 4 – Comparativo entre os municípios em situação crítica e dados sobre o DMAPU do Diagnóstico de Águas Pluviais do ano de 2017	24
Quadro 5 – Resultados da utilização dos instrumentos de gestão e controle de eventos críticos para cada município até o ano de 2017	28
Quadro 6 – Manutenção e intervenção dos sistemas de DMAPU até o ano de 2017	30
Gráfico 1 – Porcentagem de municípios que possuem Plano Diretor de DMAPU	22
Gráfico 2 – Relação dos tipos de Sistemas de Drenagem existentes nos municípios	23
Gráfico 3 – Porcentagem dos municípios em situação crítica a eventos hidrológicos severos	24
Gráfico 4 – Eventos críticos registrados nos últimos cinco anos em relação ao número de cursos d’água naturais perenes	25
Gráfico 5 – Instrumentos de Controle e monitoramento de eventos críticos	27
Gráfico 6 – Quantidade de domicílios sujeitos a inundações	31

LISTA DE ABREVIATURAS

BMPs	- Best Management Practices
CPRM	- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DMAPU	- Drenagem e Manejo de Águas Pluviais
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LDNSB-	- Leis e Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico
LID	- Low Impact Development
MRs	- Micro reservatórios
OSDs	- Detenções
PFSB	- Política Federal de Saneamento Básico
PLANASA	- Plano Nacional de Saneamento Básico
PLANSAB	- Panorama Nacional de Saneamento Básico
PNRH	- Política Nacional de Recursos Hídricos
PNSB	- Plano Nacional de Saneamento Básico
SMMA -	- Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura
SNIS	- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SUDS	- Sustainable Urban Drainage Systems
WSUD	- Water Sensitive Urban Design

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 O homem e os cursos d'água.....	11
2.2. Urbanização e bacias hidrográficas	11
2.3 As águas pluviais em contexto com a urbanização: enchentes e inundações.....	12
2.4 As enchentes e inundações como problemas sociais: Saneamento Básico	15
2.5 O Manejo de Águas Pluviais no Brasil e a Legislação Vigente	17
3 METODOLOGIA.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1 Serviços de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (DMAPU).....	20
4.2. Situação Econômico-financeira e de Infraestrutura.....	22
4.3 Gestão de Risco em relação à Drenagem e Manejo de Águas Pluviais	25
4.3.1. Instrumentos de Gestão	26
4.3.2. Parques Lineares, Manutenção do Sistema e Domicílios em Risco.....	28
5 CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Em toda história da humanidade, a ligação entre as cidades e os cursos d'água sempre foram necessários para a sobrevivência. A proximidade entre cidades e rios era um fator de desenvolvimento e segurança, pois proviam água para abastecimento, desenvolvimento da agricultura local, via de comunicação e transporte. Tais benefícios compensavam as periódicas inundações que ocorriam.

Entretanto, a urbanização, na grande maioria, nem sempre foi acompanhada por planejamento adequado, nem pelo provimento de infraestrutura adequada e, com o passar dos anos fez surgir problemas de degradação ambiental dos ecossistemas fluviais.

Durante o processo de urbanização, na segunda metade do século vinte, a concentração populacional em pequenos espaços acarretou em diversos impactos nos ecossistemas terrestres e aquáticos. A falta de infraestrutura ou investimento governamental permitiu que efeitos negativos como inundações, doenças e perda da qualidade de vida se tornassem indicadores dos grandes centros urbanos brasileiros.

Os impactos hidrológicos da urbanização se dão pela redução nos processos de infiltração, devido a impermeabilização do solo provocada pela realização de benfeitorias e a retirada da vegetação nativa, que proporciona o aumento do volume e da velocidade de água escoada superficialmente. Como a urbanização é um processo crescente, as redes de drenagem urbana, quando existentes, se tornam cada vez mais insuficientes, o que implica em inundações mais frequentes, acarretando mais problemas sociais, econômicos e ambientais.

A criação de políticas voltadas para os setores de saneamento básico e recursos hídricos foi um importante passo para o setor no Brasil. A criação de leis específicas para a regulação do saneamento e a gestão de águas pluviais possibilitou aos poderes municipais o acesso à base orçamentária da União, através da criação dos Planos Diretores e Planos Municipais de Saneamento Básico, entretanto a maioria dos municípios brasileiros, até o ano de 2017, ainda não tinham seus Planos.

Novos métodos sustentáveis sobre gestão de águas pluviais em meios urbanos vêm sendo difundidos em diversos países desenvolvidos, harmonizando o controle sobre o ciclo hidrológico das bacias urbanas com a paisagem moderna das cidades, oferecendo segurança e saúde para a população. Desta forma, os estudos de manejo de águas pluviais se tornam importante ferramenta no auxílio dos investimentos em infraestrutura para conter as frequentes inundações ocorridas nos períodos de chuva intensa.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi estudar o manejo de águas pluviais nas capitais dos estados brasileiros, caracterizando-as e analisando-as em comparação com a cidade de Montes Claros-MG.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O homem e os cursos d'água

Durante toda a humanidade, o homem e os cursos d'água sempre tiveram uma intensa relação de sobrevivência. A fixação do homem próximo às margens dos rios foi intensificada com o início das aglomerações populacionais e com o domínio da agricultura, já que, o acesso à água potável e às terras férteis eram mais abundantes nessas regiões (BAPTISTA; NASCIMENTO, 2002; FABER, 2011).

Os primeiros povos a desenvolverem-se nas margens dos rios foram os mesopotâmicos, fenícios, egípcios e os persas, que dependiam diretamente das águas fluviais para a sobrevivência (ZANUSO, 2002). A proximidade entre cidades e rios era, a princípio, um importante fator de desenvolvimento, pois fornecia facilidade com o transporte, comunicação, comércio e fonte de energia natural. Os riscos de inundações sazonais eram aceitáveis por ter disponibilidade de água tão próximo às cidades (BAPTISTA; NASCIMENTO, 2002).

Pesquisas datadas no século XVI já acusavam a ocorrência de enchentes em regiões localizadas próximas aos rios e, mesmo com a perda de bens materiais e o surgimento de doenças, a população se recusava a abdicar de suas residências (REZENDE; MIGUEZ; VEROL, 2013).

Com o passar dos tempos, os corpos d'água passaram também a ser utilizados para higiene e evacuação de dejetos, o que trazia riscos à saúde. A partir daí o uso de condutos para drenar as águas pluviais passou a ser implantada em algumas cidades (TOMINAGA, 2013).

2.2. Urbanização e bacias hidrográficas

A urbanização é um processo caracterizado pela alta concentração populacional em aglomerados urbanos. Um acelerado crescimento urbano foi verificado na segunda metade

do século XX, gerando aumento na densidade populacional, com impactos social e ambiental (TUCCI, 2005).

No Brasil, a urbanização teve início por volta de 1940, quando houve um movimento migratório muito grande, que elevou a população urbana em cerca de 125 milhões. (MARICATO, 2002; MILOGRANA, 2001). Segundo o IBGE (2015) 84% da população nacional vive em áreas urbanas, resultado do aumento populacional de mais de 49% em apenas 40 anos.

De acordo com Tucci (2008), a urbanização no Brasil teve efeitos negativos na relação entre o aparelhamento urbano e os recursos hídricos, afetando diretamente o transporte, o tratamento de esgoto e o abastecimento de água

Com o aumento populacional desordenado e a falta de planejamento, para abrigar a população, diversas áreas de riscos foram ocupadas ao longo do tempo, e o problema foi crescendo exponencialmente com a ausência de medidas governamentais (DE MOURA, 2013).

Ao urbanizar uma bacia hidrográfica, através da ocupação de áreas ribeirinhas retirando a vegetação predominante e impermeabilizando o solo, a capacidade de escoamento e a acumulação em áreas mais baixas tendem a aumentar (REZENDE; MIGUEZ; VEROL, 2013).

Os sistemas de drenagem naturais, uma vez alterados, alteram a dinâmica do sistema, proporcionando o aumento na velocidade de escoamento e no volume, o que ocasiona frequentemente inundações e cheias (CUO; LATTENMATER; RICHEY, 2009).

De acordo com Botelho (2017), a urbanização de uma bacia significa, na prática, a alteração do sistema de escoamento e drenagem da água pluvial, uma vez que, anterior à urbanização havia equilíbrio entre ambos. Deste modo, as chuvas apenas tendem a seguir novos caminhos de escoamento podendo ocasionar erosões, assoreamento dos córregos e danos às estruturas antrópicas.

Para Canholi, (2005), a urbanização não só altera a paisagem natural da bacia hidrográfica, como também modifica a dinâmica hidrológica do local, afetando estruturas construídas pela população: casas, obras de engenharia, ruas.

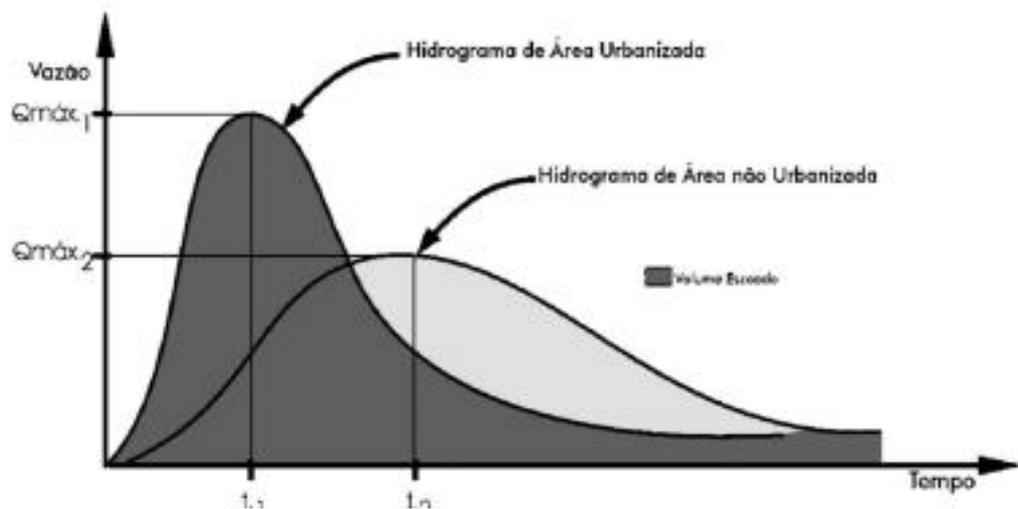
2.3 As águas pluviais em contexto com a urbanização: enchentes e inundações

As águas pluviais são as águas oriundas das chuvas, que devem ser escoadas e drenadas pelo solo a fim de manter o equilíbrio natural do sistema hidrológico de uma determinada bacia. Entretanto, o processo de urbanização sem infraestruturas necessárias para o desenvolvimento das cidades trouxe problemas constantes de drenagem em efeito aos eventos hidrológicos de alta intensidade (RIGHETTO, 2009).

Com a urbanização, os impactos causados pelo aumento significativo da população são agravados pelo descontrole e o planejamento indevido das áreas habitadas, ocasionando a degradação dos corpos d'água e conseqüentemente a perda de qualidade de vida (ALMEIDA *et al.*, 2010).

Na Figura 1 são mostrados hidrogramas de área urbanizada e de área não urbanizada, em contexto com a vazão máxima em relação ao tempo. Pode-se perceber a diferença no fluxo gerado pelas águas pluviais em bacias hidrográficas urbanas e rurais, onde a água que entra em contato com o solo é retida pela vegetação, infiltrando ou escoando de forma gradual, diferente de solos não naturais onde a água não infiltra e gera um fluxo contínuo e veloz (TUCCI, 2005; LEITE; SANTOS; ALMEIDA, 2011)

Figura 1- Hidrogramas de área urbanizada e de área não urbanizada em relação à vazão e ao tempo



Fonte: Tucci, 2008.

Em eventos hidrológicos onde a precipitação é intensa e o solo não possui capacidade de infiltração, os sistemas de drenagem urbanos são necessários para drenar a água precipitada. Entretanto, quando os sistemas não suprem o volume, todo o excedente ocupa as áreas próximas, gerando enchentes e inundações (TUCCI, 2003).

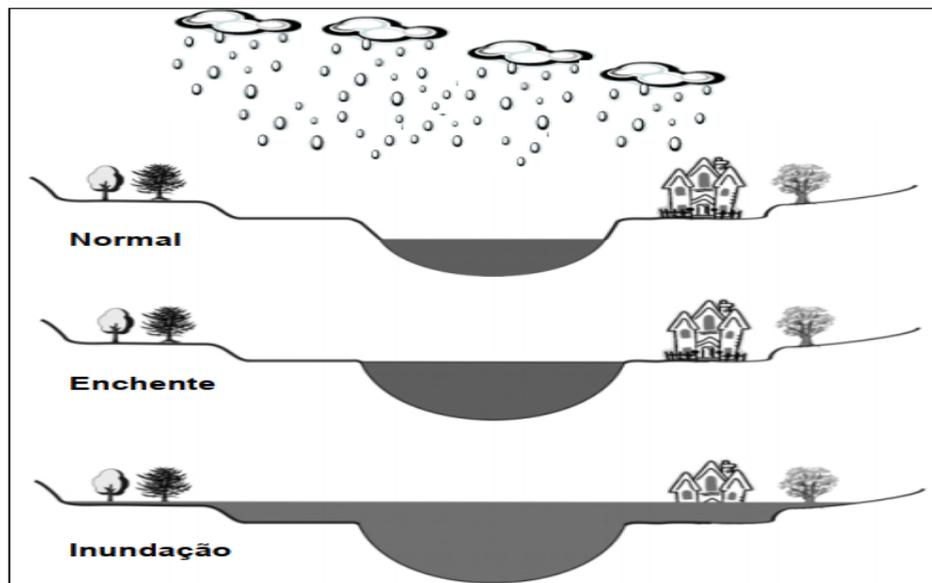
As enchentes são fenômenos naturais periódicos que fazem parte da dinâmica hidrológica de um curso d'água, já as inundações são consequências do uso e ocupação do solo em relação às proximidades ribeirinhas (CUSTÓDIO, 2005; BOTELHO, 2017).

As enchentes podem ser alocadas de duas formas dependentes ou independentes. (TUCCI, 2005), que são:

- *Enchentes ribeirinhas*: consequência natural de eventos hidrológicos que elevam o nível dos rios ao seu leito maior, atingindo a população que vive próxima a essas áreas;
- *Enchentes devido à urbanização*: impermeabilização do solo em consequência da alteração de suas propriedades naturais, tendo em consequência falta de infiltração e escoamento superficial das águas pluviais em altas velocidades.

Ilustrando as definições realizadas por Tucci (2005), Custódio (2005) e Botelho (1985), Goerl & Kobiyama (2005) esquematizaram as diferenças entre enchentes e inundações (FIGURA 2).

Figura 2- Ilustração dos níveis de elevação ocasionados por precipitações em diferentes condições



Fonte: Goerl & Kobiyama, 2005.

Outro fator que influencia na ocorrência das enchentes e inundações são as alterações no ciclo hidrológico da região, resultado da urbanização, ocasionando aumento das

precipitações, poluição das águas subterrâneas e superficiais, erosão do solo e diminuição da evapotranspiração (TUCCI; MELLER, 2007; MOTA, 2003).

2.4 As enchentes e inundações como problemas sociais: Saneamento Básico

Com as constantes inundações nas cidades e o aparecimento de doenças de veiculação hídrica, a substituição de fossas por canalizações subterrâneas surgiu no século XIX, com o objetivo de drenar a água para fora das cidades. Este conceito ficou conhecido como higienista (SILVEIRA, 2002)

A drenagem pluvial urbana no Brasil baseou-se nos conceitos higienistas, o que de certa forma, no início, contribuiu para a redução de doenças de veiculação hídrica. Entretanto as soluções baseadas nos conceitos higienistas estagnaram, e sofreram poucos ajustes ao longo do tempo (NASCIMENTO; BAPTISTA; KUARK-LEITE, 1999).

A drenagem pluvial urbana é, historicamente, uma competência do poder público, uma vez que, em razão das características serem atribuídas às bacias hidrográficas locais, a gestão deve ser de responsabilidade municipal (TIM, 2008).

Com a implantação do Código das Águas pelo Decreto Nº 24.643/1934 o Brasil teve o primeiro instrumento público de uso e controle dos recursos hídricos, mas somente em 1971 foi instituído o saneamento básico como política pública com o lançamento Plano Nacional de Saneamento (PLANASA). Porém, somente após a instauração da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei Nº 9.433/1997 houve investimentos significativos no setor (SOVERAL, 2008).

Os investimentos realizados pelo governo no início dos anos 2000, possibilitaram também a criação da Lei nº 11.107/2005 - Lei dos Consórcios e a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), através da Lei nº 11.445/2007 - Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico (LDNSB), o que garantiu maiores investimentos para o setor de saneamento básico incluindo o manejo de águas pluviais (BRASIL, 2005; BRASIL, 2007).

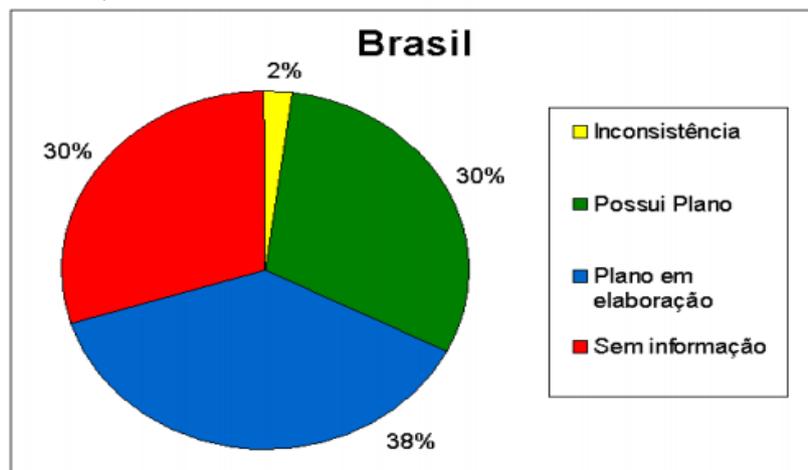
A criação de políticas e planos nacionais enfatizam a obrigatoriedade da criação de Planos Municipais de Saneamento Básico para acesso aos recursos orçamentários da União. De acordo com o Panorama Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), em 2013 70% dos municípios brasileiros ainda não possuíam Plano Municipal de Saneamento Básico, conforme ilustrado na Figura 3 (BRASIL, 2013). Estes municípios possuem carga

orçamentária barrada pelas diretrizes da Lei 11.445/2007, o que dificulta, ainda mais, a contratação de serviços ao setor de saneamento básico.

A Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico, traz no artigo 52, a obrigatoriedade da elaboração da Política Federal de Saneamento Básico (PFSB), coordenada pelo Ministério das Cidades, que deve conter:

a) os objetivos e metas nacionais e regionalizadas, de curto, médio e longo prazos para universalização dos serviços de saneamento básico e o alcance de níveis crescentes de saneamento básico no território nacional, observando a compatibilidade com os demais planos e políticas públicas da União; b) as diretrizes e orientações para o equacionamento dos condicionantes de natureza político-institucional, legítima e jurídica, econômico-financeira, administrativa, cultura e tecnológica com impacto na consecução das metas e objetivos estabelecidos; c) a proposição de programas, projetos e ações necessários para atingir os objetivos e as metas da Política Federal de Saneamento Básico, com identificação das respectivas fontes de financiamento; d) as diretrizes para o planejamento das ações de saneamento básico em áreas de especial interesse jurídico. (BRASIL, 2007, p. 16).

Figura 3 - Situação dos Municípios brasileiros em relação à existência de Plano Municipal de Saneamento Básico, no ano de 2013



Fonte: Brasil, 2017.

Sem a carga orçamentária, o poder municipal não consegue realizar o controle e a fiscalização adequada dos sistemas de saneamento e drenagem urbana, dando espaço para o surgimento de fatores antrópicos que agravam os problemas de inundações e enchentes (TRAVASSOS; PENTEADO; FORTUNATO, 2017).

Realizar o controle da poluição pontual é relativamente fácil e direto, visto que na grande maioria das vezes são originárias de indústrias. Entretanto, as fontes difusas de

poluição, como os resíduos sólidos gerados pela população, são grandes geradoras de inundações pela obstrução de canais de drenagem de águas precipitadas (DAEE, 2010).

Barros (2017) enfatiza que as inundações também são consequência do lançamento de resíduos sólidos em córregos ou condutos de drenagem como galerias e canais, do sistema ineficiente de coleta em regiões de pobreza, e da falta de investimento público em planejamento e manutenção de obras hidráulicas.

2.5 O Manejo de Águas Pluviais no Brasil e a Legislação Vigente

A Lei Federal Nº 11.445/2007 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, define a drenagem e o manejo de águas pluviais como:

O conjunto de serviços de limpeza e fiscalização das redes urbanas, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção de vazões de cheias e tratamento final de águas pluviais drenadas em meio urbano (BRASIL, 2007, p. 3).

O plano diretor é um instrumento básico político para o desenvolvimento urbano e obrigatório constitucionalmente. Para cidades acima de vinte mil habitantes torna-se também obrigatório pela Lei nº 10.257/2001 - Estatuto das Cidades (BRASIL, 1988; BRASIL, 2001).

Para o Plano Municipal de Saneamento Básico, os municípios também devem ter o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais, para ter acesso à base orçamentária disponibilizada pela União para recebimento de investimentos (BRASIL, 2016).

A partir dos serviços prestados ou atividades relacionadas ao Manejo de Águas Pluviais, a Lei que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico (Lei 11.445/2007), também prevê taxaçaõ em forma de tributos, seguindo as seguintes diretrizes:

I – prioridade para atendimento das funções essenciais relacionadas à saúde pública; II – ampliação do acesso dos cidadãos e localidades de baixa renda aos serviços; III – geração dos recursos necessários para realização dos investimentos, objetivando o cumprimento das metas e objetivos do serviço; IV – inibição do consumo supérfluo e do desperdício de recursos; V – recuperação dos custos incorridos na prestação do serviço, em regime de eficiência; VI – remuneração adequada do capital investido pelos prestadores de serviço; VII – estímulo ao uso de tecnologias modernas e eficientes, compatíveis com níveis exigidos de qualidade, continuidade à eficiência dos prestadores de serviço; VIII – incentivo a eficiência dos prestadores de serviço (BRASIL, 2007, pg. 10).

Em contrapartida aos Planos Diretores, Pompêo (2000) acredita que o poder público deve realizar um planejamento conjunto de controle de inundações, com ações proativas e eficazes para atenuar as constantes cheias urbanas.

Em países desenvolvidos, após o conceito sanitário-higienista ser ultrapassado devido a forte urbanização e avanços tecnológicos, surgiram novos conceitos como Best Management Practices (BMPs), microreservatórios (MRs) e detenções (OSDs) (JONES;MACDONALD, 2007)

A cidade de São Paulo é um exemplo de utilização de MRs e OSDs. Desde 1998 após a elaboração do plano de drenagem, foram construídas bacias de retenção e reservatórios (piscinões), além de redes de monitoramento automático (MARTINS, 2012)

Outras medidas variáveis das BMPs, MRs e OSDs (QUADRO 1), são muito utilizadas em grandes cidades, não só do Brasil como em todo mundo.

Quadro 1 - Medidas Estruturais e não estruturais derivadas das BMPs, MRs e OSDs

MEDIDAS ESTRUTURAIS	MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS
Diques, floodwalls e muros	Estruturas a prova de inundação e restrições de aproveitamento
Parques lineares	Sistema de previsão, antecipação e alerta
Bacias de sedimentação e retenção de detritos e lixos	Programa de ação emergencial
Alterações em pontes e travessias	Educação Ambiental
Detenção em lotes, quadras, empreendimentos	Institucionalização da drenagem urbana como serviço do estado
Reservatórios, piscinas de retenção	Redes telemétricas

Fonte: Adaptado de Righetto (2009), DAAE (2010).

Também é comum o uso de instrumentos que auxiliam na medição de precipitação, ora pontuais, ora distribuídos ao longo das bacias urbanas, de forma a conhecer a distribuição espacial das chuvas. As primeiras observações pluviométricas registradas foram feitas no Paraná pelo Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura (SMMA) no início do século XX (SOUSA PINTO *et al.*, 2003)

Os instrumentos de medição pluviométricos mais difundidos no estudo da precipitação e que auxiliam nos serviços de drenagem de águas pluviais urbanas são apresentados no Quadro 2:

Quadro 2 - Instrumentos mais comuns utilizados para medição de precipitações

INSTRUMENTO	FUNÇÃO
Pluviógrafo	Aparelho que mede e registra a quantidade de água precipitada através de pluviogramas (a abcissa corresponde ao tempo e a ordenada a lâmina precipitada). É composto por duas caçambas. Utilizado para estudo de chuvas de longa duração.
Pluviômetro	Medir a lâmina de água precipitada através de um recipiente cilíndrico com medidas padronizadas (mm) através de um receptor no topo do objeto. Utilizado para chuvas de curta duração.
Linígrafo/Linímetro	Aparelho que mede e registra a variação (cota) do nível de um curso d'água. São diferenciáveis a partir do tipo de sensor utilizado. Pode ser por radar, pressão, ultrassom, sistema de boia ou contrapeso.
Rede Telemétrica	Sistema integrado automático que capta e registra remotamente os dados pluviométricos. É composto geralmente por um pluviômetro e um sensor de nível (linígrafo), uma bateria, um controlador de carga e uma antena que transmite os dados .

Fonte: Adaptado de Mota *et al.*, (2016), Dulnik (2006), Chaves (2018).

Novos Planos Diretores com abordagens inovadoras e sustentáveis têm sido empregados em grandes cidades em desenvolvimento, através de conceitos como Water Sensitive Urban Design (WSUD), Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) e Low Impact Development (LID), conforme mostrado no Quadro 3 (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2011).

Quadro 3 - Novos conceitos que visam a sustentabilidade dos sistemas de manejo de águas pluviais

CONCEITO	DESCRIÇÃO
Water Sensitive Urban Design	Processo integrado de planejamento, gestão, proteção e conservação do ciclo hidrológico natural, proporcionando a integração entre segurança e ambientes estéticos paisagísticos. Derivado da SUDS.
Sustainable Urban Drainage Systems	Manutenção da saúde pública com base na proteção dos recursos hídricos, preservação da diversidade biológica e seus recursos naturais. Planejamento sustentável a gestão da água em relação a paisagem urbanística.
Low Impact Development	Planejamento detalhado com base na preservação. Reduzir os impactos nos solos, vegetação e corpos d'água. Utilização de valas de grama, jardins de chuva, áreas de biorretenção e pavimentos permeáveis.

Fonte: Adaptado de Jambo (2017), Zhou (2014) e Dietz (2007).

3 METODOLOGIA

O trabalho desenvolvido segue os preceitos da pesquisa descritiva, apresentando um estudo detalhado realizado por meio do levantamento, análise e interpretação de dados qualitativos e quantitativos.

Para o estudo foram selecionados 27 municípios, capitais dos estados brasileiros e o município de Montes Claros – MG. Foram escolhidas as capitais por serem os principais centros urbanos de cada estado, sendo as referências para os demais municípios. Os dados utilizados para elaboração deste estudo foram obtidos em sites do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2017), sobre Diagnóstico de Águas Pluviais do ano de 2017.

Os dados selecionados nos documentos analisados foram: gestão do serviço, regulação do serviço e informações dos municípios estudados, tais como informações econômico-financeiras e administrativas, infraestrutura, manutenção e gestão de risco. Os dados foram compilados e apresentados em gráficos e tabelas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 28 municípios estudados foi constatado que a gestão do serviço de manejo de águas pluviais é realizada, geralmente, pelas Secretarias Municipais de Serviços Urbanos e Infraestrutura, através da administração pública direta, delegadas por Leis Municipais. Nenhum dos municípios estudados possui contrato de concessão com empresas privadas para fins de manejo de águas pluviais.

Devido à ausência de interesse do poder público municipal na regulação do serviço de manejo de águas pluviais, a terceirização do serviço por empresas privadas seria uma solução para lidar com esse problema.

4.1 Serviços de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (DMAPU)

Apenas cinco municípios dentre os 28 estudados contam com o serviço de regulação, instituições ou órgãos responsáveis por controlar, fiscalizar, padronizar e normatizar os serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, sendo eles: Salvador (BA), Brasília (DF), Goiânia (GO), Belém (PA) e Palmas (TO).

As informações gerais dos municípios estudados estão dispostas na Tabela 1, servem para mostrar a situação dos municípios em situação crítica em relação ao manejo de águas pluviais

Tabela 1 - Informações Gerais dos municípios estudados

Município	Área Territorial (km²)	População Urbana (hab)	Unidades Edificadas (un.)	Região Hidrográfica	Situação Crítica
Rio Branco	8.835.54	352.072	94.184	Amazônica	Não
Maceió	509.91	1.028.066	280.000	Atl. NE Oriental	Não
Macapá	6.502.12	454.452	87.000	Amazônica	Não
Manaus	11.401.09	2.119.467	587.530	Amazônica	Sim
Salvador	682.92	2.953.177	1.073.900	Atlântico Leste	Sim
Fortaleza	314.93	2.627.482	710.066	Atl. NE Oriental	Sim
Brasília	5780	2.935.435	1.129.750	Paraná	Não
Vitória	97.4	363.140	172.197	Atlântico Sudeste	Não
Goiânia	729.02	1.446.105	424.285	Paraná	Sim
São Luís	834.79	1.031.278	271.170	Atl NE Ocidental	Não
Cuiabá	3.291.81	590.118	227.437	Paraguai	Sim
Campo Grande	8.092.95	874.210	355.027	Paraná	Sim
B. Horizonte	331.40	2.523.794	789.114	São Francisco	Não
Belém	1.059.46	1.439.847	368.889	Tocantins-Araguaia	Sim
João Pessoa	211.48	811.598	383.238	Atl. NE Oriental	Sim
Curitiba	435.04	1.908.359	726.310	Paraná	Sim
Recife	318.44	1.633.697	400.000	Atl. NE Oriental	Não
Teresina	1.391.98	801.463	210.080	Parnaíba	Sim
Rio de Janeiro	1.199.83	6.520.266	1.881.570	Atlântico Sudeste	Não
Natal	167.26	885.180	803.739	Atl. NE Oriental	Não
Porto Alegre	496.68	1.484.941	574.000	Atlântico Sul	Sim
Porto Velho	34.096.39	473.624	137.000	Amazônica	Sim
Boa Vista	5.684.04	324.413	121.809	Amazônica	Sim
Florianópolis	675.41	467.437	202.919	Atlântico Sul	Não
São Paulo	1.521.11	11.998.090	3.573.509	Paraná	Sim
Aracaju	181.86	650.106	206.906	Atlântico Leste	Sim
Palmas	2.218.94	278.510	71.700	Tocantins-Araguaia	Não
Montes Claros	3.568.94	382.601	123.220	São Francisco	Sim

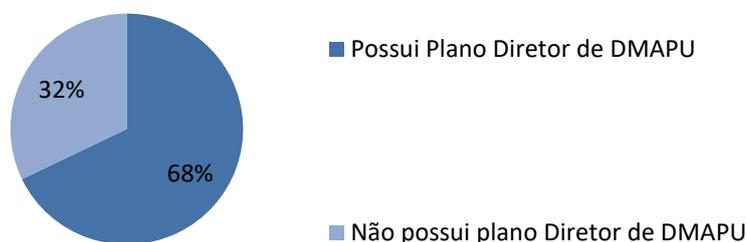
Fonte: Adaptada de SNIS, 2017.

Dos municípios estudados, 57 % se enquadram em situação crítica em relação à situação de drenagem urbana sustentável. De acordo com o SNIS (2017) todos os municípios em situação crítica são aqueles que possuem áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes, considerados eventos hidrológicos severos e são prioritários para a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

4.2. Situação Econômico-financeira e de Infraestrutura

Dos dados Econômico-financeiros e de Infraestrutura dos 28 municípios estudados, foram analisados a existência de Plano Diretor (Gráfico 1), os tipos de sistemas de Drenagem e de Manejo de Água Pluviais Existentes (Gráfico 2), cobranças pelo serviço (Gráfico 3) e investimentos públicos contratados (Gráfico 4).

Gráfico 1 - Porcentagem de municípios que possuem plano diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (DMAPU)



Fonte: Adaptado de SNIS, 2017.

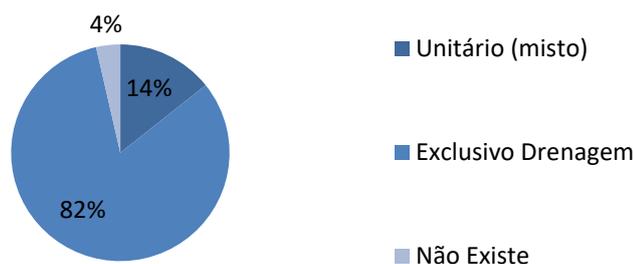
Os municípios de Rio Branco, Salvador, Belém, João Pessoa, Boa Vista, Florianópolis, Aracaju, Palmas e Montes Claros não possuíam Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais até o ano de 2017, o que prejudica ainda mais as obras de drenagem, uma vez que o acesso à investimentos previstos na Lei nº 11.445/2007 e Lei nº 10.257/2001 fica comprometido.

Apesar de 68 % dos municípios possuírem plano diretor e 85% sistema próprio de drenagem, 57 % deles ainda estão em situação crítica em relação a eventos hidrológicos

severos de acordo com o CPRM. O que pode ser ocasionado pela falta de manutenção e fiscalização.

No Gráfico 2 são apresentados os tipos de Sistemas de Drenagem Urbana existentes nos 28 municípios estudados.

Gráfico 2 - Relação dos tipos de Sistema de Drenagem existentes nos municípios estudados



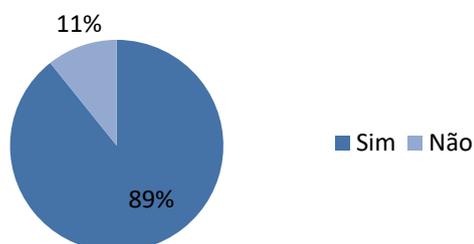
Fonte: Adaptado de SNIS, 2017.

Em relação ao tipo de sistema de drenagem de águas pluviais, somente os municípios de Rio Branco, Cuiabá, Belém e Porto Alegre utilizam sistemas unitários (drenagem e esgotamento), em Porto Velho, capital de Rondônia, não houve informação em relação ao tipo de sistema. Embora 82 % tenham sistema exclusivo para drenagem, a obstrução dos canais e canalização por resíduos sólidos ou outras fontes difusas pode ser o motivo pela grande quantidade de inundações registradas.

A cobrança pelo uso e serviço de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas é permitida obedecendo as diretrizes previstas na Lei nº 11.445/2007. Apenas 14 % dos municípios cobram por este serviço, sendo eles: Brasília, Vitória, Goiânia, Porto Alegre e Porto Velho. Entretanto, dos municípios listados acima, apenas Brasília e Goiânia podem cobrar pelo serviço de DMAPU, pois são os únicos que oferecem o serviço de regulação previsto nas diretrizes da Lei nº 11.445/2007. Vitória, Porto Alegre e Porto Velho cobram ilegalmente pelo serviço.

No Gráfico 3 é representada a quantidade de municípios que contrataram, ao menos uma vez, serviços de investimentos no setor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais.

Gráfico 3 - Porcentagem de municípios que contrataram investimentos para o serviço de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas até o ano de 2017



Fonte: Adaptado de SNIS, 2017.

Somente os municípios de Rio Branco, Vitória e Goiânia não contrataram nenhum investimento para o setor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas até o ano de 2017. Dos três municípios citados, apenas o de Rio Branco não possui plano diretor, o que implica na ausência de investimentos contratados.

No Quadro 4 estão representados os 16 municípios em situação crítica e as informações sobre o tipo de sistema de drenagem, investimentos e a existência de Plano Diretor.

Quadro 4 - Comparativo entre os municípios em situação crítica e dados sobre o DMAPU do Diagnóstico de Águas Pluviais do ano de 2017

Municípios Críticos	Tipo de Sistema	Plano Diretor	Investimentos
Manaus	Drenagem	Sim	Sim
Salvador	Drenagem	Não	Sim
Fortaleza	Drenagem	Sim	Sim
Goiânia	Drenagem	Sim	Não
Cuiabá	Misto	Sim	Sim
Campo Grande	Drenagem	Sim	Sim
Belém	Misto	Não	Sim
João Pessoa	Drenagem	Não	Não
Curitiba	Drenagem	Sim	Sim
Teresina	Drenagem	Sim	Sim
Porto Alegre	Misto	Sim	Sim
Porto Velho	Não Existe	Sim	Sim
Boa Vista	Drenagem	Não	Sim
São Paulo	Drenagem	Sim	Sim
Aracaju	Drenagem	Não	Não
Montes Claros	Drenagem	Não	Não

Fonte: Adaptado de SNIS, 2017.

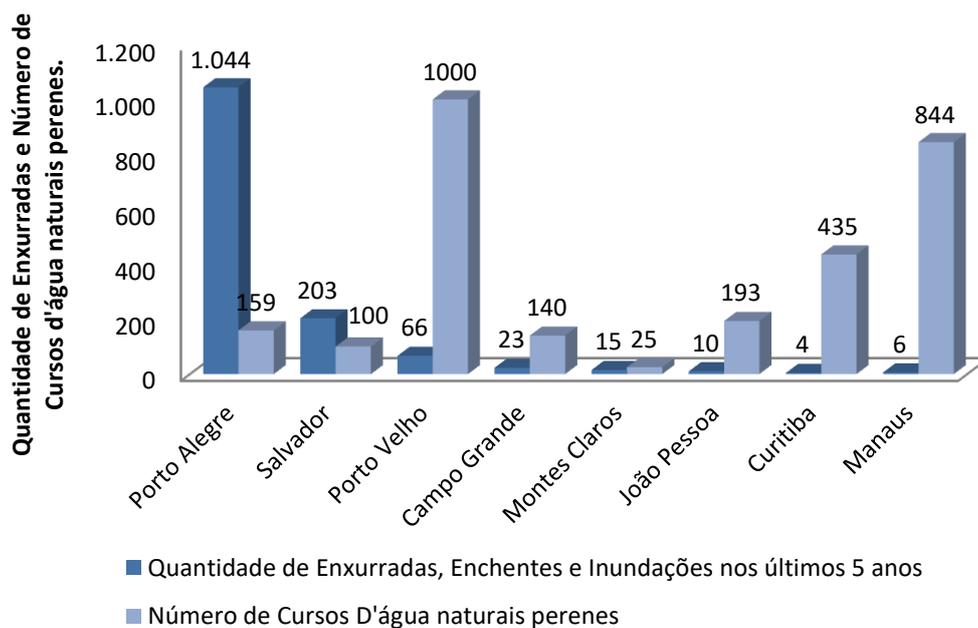
Dos municípios que se encontram em situação crítica, 94 % possuem investimentos contratados até o ano de 2017, 63 % possuem plano direto de manejo de águas pluviais e 75 % possuem sistema único para drenagem. Os fatores que corroboram para a situação crítica de eventos hidrológicos severos são segundo Baptista, Nascimento e Kuark-Leite (1999) os ultrapassados sistemas de drenagem construídos com base no conceito higienista-sanitário. E a falta de planejamento agregado a novas tecnologias que permita controlar e gerir melhor os eventos hidrológicos severos.

4.3 Gestão de Risco em relação à Drenagem e Manejo de Águas Pluviais

A gestão de risco engloba todos os instrumentos necessários para monitorar e controlar os mais diversos eventos hidrológicos. Nesse contexto, dados sobre enxurradas, enchentes e inundações são necessários para mapear e prevenir possíveis eventos.

No Gráfico 6 é comparada a relação entre o número de cursos naturais perenes dos municípios em situação crítica de eventos hidrológicos severos.

Gráfico 4 - Eventos críticos registrados nos últimos cinco anos em relação ao número de cursos d'água naturais perenes em 8 municípios em situação crítica de eventos hidrológicos severos



Fonte: Adaptado de SNIS, 2017.

O município de Porto Alegre, embora não apresente o maior número de cursos d'água naturais perenes, tem o maior número registrado de eventos críticos, sendo oposto ao município de Manaus, que possui 844 cursos naturais de água e pequeno número de eventos críticos.

Costa, Silva e Silva (2013) verificaram que as bacias hidrográficas Tarumã-Açu e Puraquequara, no município de Manaus, possuem baixa declividade e resposta hidrológica lenta o que reduz os picos de enchentes. Já Burin (2008) verificou que a bacia do Arroio Dilúvio na região metropolitana de Porto Alegre possui diversas áreas impermeabilizadas, o que dificulta a infiltração de água no solo e resulta em picos de cheias.

A correlação entre número de cursos d'água e quantidade de enchentes não é diretamente proporcional. O uso e ocupação do solo na impermeabilidade e capacidade de infiltração da água precipitada é a maior influência na ocorrência de cheias urbanas. Todos os municípios estudados possuem medidas estruturais como Parques Lineares que auxiliam na drenagem natural das águas pluviais ao solo e Reservatórios de Contenção.

A cidade de São Paulo possui eventos críticos superiores aos outros municípios estudados. São 11.610 cursos naturais perenes e 1.426 eventos críticos registrados entre os anos de 2012 e 2017. Devido ao alto número de cursos d'água naturais perenes e a impermeabilização do solo, devido a retirada da vegetação nativa e a ocupação das margens dos rios, São Paulo apesar de ter disponível todos os aparatos necessários para o manejo, sofre com a ocorrência de eventos hidrológicos críticos.

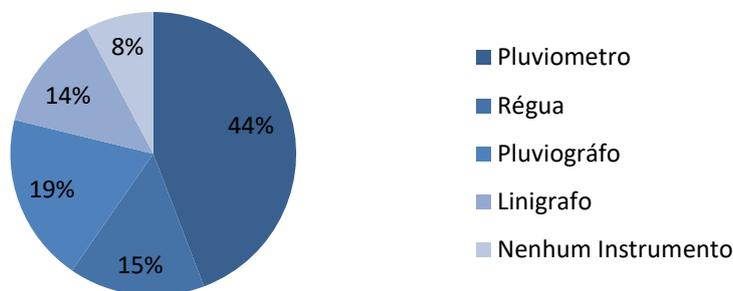
4.3.1. Instrumentos de Gestão

Considerando que os cursos d'água estão diretamente ligados aos eventos críticos, é importante utilizar instrumentos de controle e monitoramento no auxílio do manejo de águas pluviais, o que permite atuar na prevenção e atenuação de eventos críticos (GRÁFICO 5).

O instrumento mais utilizado para controle e monitoramento dos eventos hidrológicos é o pluviômetro, embora não seja o mais recomendado para chuvas longas ou registro pluviométrico ao longo do tempo, é utilizado em 44% das 28 cidades estudadas.

Os municípios de Curitiba, Natal, Palmas e Montes Claros não utilizam ou não informaram nenhum tipo de instrumento para o controle e monitoramento dos eventos hidrológicos.

Gráfico 5 - Instrumentos de controle e monitoramento de eventos hidrológicos severos



Fonte: Adaptado de SNIS, 2017.

Curitiba e Montes Claros são dois municípios em situação crítica, de acordo com SNIS (2017), e não dispõem de nenhum aparato para ajudar a identificar ou monitorar eventos hidrológicos críticos que possam causar danos à população.

São Paulo e Belo Horizonte foram os únicos municípios estudados que dispunham de Pluviômetros, Pluviógrafos, Linígrafos e Régua.

No Quadro 5 são apresentados os resultados sobre a utilização dos instrumentos de controle em conjunto com a manutenção e gestão dos eventos hidrológicos severos, considerando os municípios em situação crítica pelo CPRM no ano de 2017.

Dos Santos e Mamede (2013) enfatizam que instrumentos e equipamentos são fundamentais para a gestão das bacias hidrográficas urbanas e principalmente para o controle de cheias.

Estações meteorológicas também são instrumentos de controle e registro de informações meteorológicas e hidrológicas, entretanto não aparecem no Diagnóstico realizado pelo SNIS, podendo-se acreditar que, em sua grande maioria, são administradas por universidades, agências e institutos meteorológicos ou empresas de concessão para prestação de serviços urbanos e não diretamente pelo poder público municipal.

O município de São Paulo é o único que dispõe de todos os instrumentos de gestão e também é o único que utiliza telemetria para monitoramento de dados, o que auxilia no serviço de alertas de risco.

Montes Claros não possui nenhum instrumento de gestão, portanto não monitora nenhum dado e não possui sistemas de alerta a ocorrência de eventos hidrológicos severos.

Quadro 5 - Resultados da utilização dos instrumentos de gestão e controle de eventos críticos para cada município até o ano de 2017.

Município	Dados Monitorados	Alerta de Risco
Manaus	Lâmina precipitada	Não
Salvador	Lâmina precipitada	Não
Fortaleza	Lâmina precipitada	Sim
Goiânia	Lâmina precipitada	Sim
Cuiabá	Lâmina precipitada	Sim
Campo Grande	Lâmina precipitada	Não
Belém	Lâmina precipitada	Sim
João Pessoa	Lâmina precipitada	Sim
Curitiba	Lâmina precipitada	Não
Teresina	Não possui	Não
P. Alegre	Lâmina precipitada	Sim
P. Velho	Não possui	Não
Boa Vista	Lâmina precipitada	Não
São Paulo	Nível dos cursos d'água e Lâmina precipitada por telemetria.	Sim
Aracaju	Lâmina precipitada	Sim
M. Claros	Não possui	Não

Fonte: Adaptado de SNIS, 2017.

Junior (2013) ressalta que a falta de informações meteorológicas e hidrológicas são problemas cruciais na execução e manutenção dos projetos de drenagem e manejo de águas pluviais. Fendrich (2002) complementa a importância do controle em tempo real das informações hidrológicas e meteorológicas utilizando tecnologias como estações hidrológicas e redes de Telemetria. Dada à importância do setor no controle de eventos hidrológicos críticos, o manejo de águas pluviais é uma ferramenta necessária ao Poder Público para criação de infraestruturas de drenagem, retenção de cheias e atuar fiscalização e manutenção destes canais.

4.3.2. Parques Lineares, Manutenção do Sistema e Domicílios em Risco

DAAE (2010) e Righetto (2009) acreditam que Parques Lineares e Reservatórios de contenção são medidas estruturais que atuam no manejo. Embora existam outras medidas estruturais de manejo de águas pluviais, os municípios estudados contemplam apenas estes.

Todos os municípios estudados possuem ao menos um Parque Linear e Reservatório de Contenção.

Montes Claros possui a Lagoa de Interlagos e a Lagoa do parque municipal como reservatórios e o parque Guimarães Rosa, como parque linear.

No Quadro 6 são apresentadas informações sobre a realização de manutenções e intervenções que impossibilitam ou colocam em risco o funcionamento dos sistemas de drenagem urbana.

Quadro 6 - Manutenção e intervenção dos sistemas de DMAPU até o ano de 2017

Município	Manutenção no sistema de Drenagem	Intervenções que causam risco ao sistema de DMAPU
Manaus	Não	Nenhuma intervenção
Salvador	Não	Nenhuma intervenção
Fortaleza	Não	Nenhuma intervenção
Goiânia	Não	Barragens; ocupação urbana; erosões severas.
Cuiabá	Não	Barragens; retificações.
Campo Grande	Não	Barragens; erosões severas.
Belém	Não	Ocupação urbana, erosões severas.
João Pessoa	Não	Nenhuma intervenção
Curitiba	Não	Nenhuma intervenção
Teresina	Não	Ocupação urbana; erosões severas.
P. Alegre	Não	Barragens; retificações; ocupação urbana.
P. Velho	Não	Nenhuma intervenção
Boa Vista	Não	Nenhuma intervenção
São Paulo	Não	Nenhuma intervenção
Aracaju	Não	Barragens
M. Claros	Não	Nenhuma intervenção

Fonte: Adaptado de SNIS, 2017.

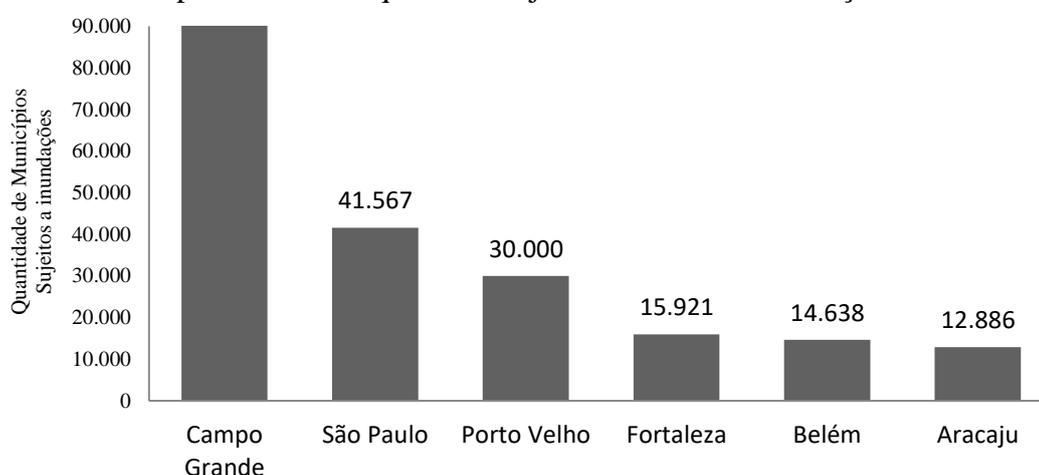
A impermeabilidade do solo causada pela urbanização é uma das causadoras das enchentes e inundações, soluções de drenagem natural como faixas ou valas de infiltração são importantes para amenizar esses eventos, não foi informado os dados de nenhum município a respeito deste tópico. Varejão-Silva (2003) e Junior & Santos (2013) ressaltam a importância do cadastramento das obras de drenagem existentes, a falta de informação dificulta o controle sobre os sistemas de drenagem. Supõe-se que o não cadastramento de obras de drenagem ou das soluções de drenagem natural ocorre devido a falta de controle do município em adquirir esse tipo de informação, em razão da falta de investimentos, ou então pela inexistência de obras.

Do mesmo modo, a quantidade de unidades edificadas e pessoas atingidas na área urbana atingidas por eventos hidrológicos severos não foi informado pelo Diagnóstico.

Canholi (2005) e Fritzen (2011) apontam a obsolescência dos sistemas de drenagem à falta de manutenções periódicas, além de obras mal realizadas, canais e galerias obstruídos e a falta de conscientização da população nas ocupações indevidas e no controle de resíduos sólidos.

O Manejo de Águas Pluviais nos municípios estudados é escasso ou extremamente precário, e é grande a quantidade de domicílios que estão sujeitos a sofrerem inundações, conforme mostrado no Gráfico 8.

Gráfico 3 - Municípios estudados que estão sujeitos a sofrerem inundações



Fonte: Adaptado de SNIS, 2017.

Cerca de 200 mil domicílios, estão sujeitos a sofrerem com os impactos de eventos hidrológicos severos, o que representa a ausência de políticas públicas que contribuam diretamente para a melhora nos sistemas urbanos de drenagem e manejo de águas pluviais.

5 CONCLUSÃO

Foi possível concluir que o manejo de águas pluviais nos municípios estudados é obsoleto e precário. A inexistência de um sistema eficiente ocasiona inundações, que afetam a população das regiões de risco, ocasionando falta de segurança e saúde. Se adequar as legislações vigentes e adquirir acesso às bases orçamentárias para realizar investimentos é um

importante passo no avanço dos projetos de Manejo de Águas Pluviais Urbanas. O atraso dos municípios na elaboração dos Planos Diretores é outro fator que afeta o investimento no setor.

O município de Montes Claros apresentou dados críticos em relação ao manejo de águas pluviais, tais como: ausência de Plano Diretor, ausência de instrumentos de gestão, ausência de ferramentas de monitoramento hidrológico e meteorológico, ausência de dados para elaboração de projetos de manejo de águas pluviais e ocorrência de enchentes anuais. Desta forma, em comparação com os demais municípios, Montes Claros apresenta situação preocupante e precária. Dentre os municípios estudados os Porto Velho e Rio Branco são os que apresentam situação mais próxima a Montes Claros.

A adequação do poder municipal junto à legislação é um importante passo para iniciar um eficiente plano de manejo de águas pluviais. Investir no setor é um proporcionar saúde e segurança a população, eliminando a incidência de doenças de veiculação hídrica, escoamento eficiente das águas pluviais, melhorando o fluxo no trânsito das cidades, redução das obras e manutenções de vias públicas e redução de erosões e poluições difusas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. W. L.; SANTOS, I. S.; VELOSO, G. A.; LEITE, M. E. Geotecnologias aplicadas ao uso do solo: estudo de caso da bacia do Vieira no município de Montes Claros. In: XVI Encontro Nacional de Geógrafos, Porto Alegre, 2010. **Anais do XVI Encontro de Geógrafos Brasileiros**, Porto Alegre, 2010, pg. 1-11.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. RBRH: **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, jan./mar. 2002, v.7, n.1, p.29-49.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. **ABRH**. Porto Alegre. ed. 2. Out. 2011.

BARROS, M. T. L. de. **Drenagem urbana: Bases conceituais e planejamento**. In. PHILLIP Jr., A. (Org.). Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. ed. 2. São Paulo: Manole, 2017. Cap. 7, p 221-265.

BISWAS, A.K. . **History of Hydrology**. 1. ed. Amsterdam: North Holland Publishing Company, 1970.

BOTELHO, M. H. C. **Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades**. ed. 4. São Paulo: Blucher, 2017.

BRASIL. Constituição Federal. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/>>. Acesso em: jun, 2019.

BRASIL. Lei Federal n. 10.257, de 10 de julho de 2001 (Estatuto da Cidade). Regulamenta os arts. 182 e 183 da **Constituição Federal: estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/LEIS_2001/L10257.htm> Acesso em: jun. 2019.

BRASIL. Lei Federal n. 11.107, de 06 de abril de 2005 - Lei dos Consórcios. **Dispõe sobre normas gerais da contratação de consórcios públicas e dá outras providências**. Brasília, DF, 06 abr. 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11107.htm>. Acesso em 14 jun. 2019.

BRASIL. Lei Federal n. 11.445/2007, de 19 de dezembro de 2007 – **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Brasília, DF, 19 dez. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 08 jun. 2019

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – Ministério das Cidades. **PLANSAB: Plano Nacional de Saneamento Básico**. Mais saúde com Qualidade de Vida e Cidadania. Brasília, dezembro de 2013. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/processos/AECBF8E2/Plansab_Versao_Conselhos_Nacionais_020520131.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2019

BRASIL. Lei Federal n. 13.308, de 06 de julho de 2016 - **Estabelece diretrizes nacionais de saneamento básico, determinando a manutenção preventiva das redes de drenagem pluvial.** Brasília, DF, 06 jul. 2016. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2016/lei-13308-6-julho-2016-783318-publicacaooriginal-150720-pl.html>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

BURIN, C. W. **O caso da canalização do Arroio Dilúvio em Porto Alegre: Ambiente Projetado x Ambiente Construído.** 2008. 161 f., Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

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

CHAVES, M. V. de S. **Modelagem do balanço hídrico na microbacia da região de Tabuleiro Costeiro do Brasil.** Universidade Federal de Sergipe. 2018.

COSTA, E. B. S.; SILVA, C. L.; SILVA, M.L. Caracterização física das bacias hidrográficas na região de Manaus – AM. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, jun. 2013, v. 14, n. 46, pg. 93-100.

CUO, L.; LATTENMAIER, D.; ALBERTI, M.; RICHEY, J. Effects of a century of land cover and climate change on the hydrology of the Puget Sound basin. **Hydrological Processes: An International Journal**, Washington, v. 23, n. 6, p. 907-933, jan. 2009.

CUSTÓDIO, V. Inundações no espaço urbano: as dimensões natural e social do problema. **Terra Livre**, Goiânia, jun. 2005. Disponível em: <<https://www.agb.org.br/publicacoes/index.php/terralivre/article/view/392/371>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

DAEE, DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Plano Diretor de Macro Drenagem da Bacia do Alto Tietê Revisão 2009.** Relatório Síntese. Hidrostudio Engenharia. São Paulo, mar. 2010.

DE MOURA, Cristiane Alessandra. **Avaliação de tendência a enchentes das bacias hidrográficas do município de Caraguatatuba (SP).** Revista de Geografia (UFPE), v. 30, n. 2, 2013.

DIETZ, M. Low Impact Development Practices: A Review of Current Research and Recommendations for Future Directions. **Springer Science + Business Media: Water Air Soil Pollut.** Utah, 186: 351 – 363, set. 2007.

DULNIK, P. R. **Elaboração de um Pluviógrafo com Sensor Ótico.** 2006. 99 f., Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

FABER, M. A importância dos Rios para as primeiras Civilizações. **História Livre.** São Paulo.vol. 2. Agosto 2011.

FRITZEN, M.; BINDA, A. L. Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. **Revista eletrônica Ateliê Geográfico**, v.5, n. 3, pg. 239-254, dez. 2011.

GOERL, R. F.; KOBAYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. **Anais eletrônicos...** João Pessoa: ABRH. Disponível em: < <https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php164&=SIMPOSIOS>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico de 2015**. 2015. Disponível em:< <http://www.ibge.gov.br> >. Acesso em: 29 mai. 2019.

JAMBO, J. B. **Uso do Conceito WSUD (Water Sensitive Urban Design) na Transição para Cidades “Sensíveis” à água. Um estudo de caso de Teresópolis – RJ**. 2017. 85 f., Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2017.

JONES, P.; MACDONALD, N. Making Space for Unruly Water: Sustainable drainage systems and the disciplining of surface runoff. **Geoforum**. Glasgow, v. 38, n. 3, p. 534-544, mai. 2007.

JUNIOR, V. J. S.; SANTOS, C. O. A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbanas. **Estação Científica UNIFAP**, Macapá, v. 3, n. 1, pg. 19-30, jun. 2013.

LEITE, M. E.; SANTOS, I. S.; ALMEIDA, J. W. L. **Mudança de uso do solo na bacia do rio Vieiras, em Montes Claros/MG**. Revista Brasileira de Geografia Física, v.4, p. 779-792, 2011.

MARICATO, E. Dimensões da tragédia urbana. **Com Ciência**. São Paulo, ago. 2002. pg. 14.

MARTINS, J. R. S. **Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente?**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 2012

MILOGRANA, J. **Estudo de Medidas de Controle de Cheias em Ambientes Urbanos**. 2001. 112 f., Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, 2001.

MOTA, W. N.; MIRANDA, R. F. de; CASAROLI, D.; JUNIOR, J. A.; MESQUITA, M. Construção de um Linígrafo de baixo custo com a plataforma Arduino. **Revista de Engenharia na Agricultura – REVENG**, Viçosa, v.24, n. 6, pg. 523-530. Dez. 2016.

NASCIMENTO, N. O.; BAPTISTA, M. B.; KAUARK-LEITE, L. A. **Typical storm water management problems in a tropical city – the Belo Horizonte case study**. In: Ellis, B. Impacts of Urban Growth on Surface Water and Groundwater. Proceedings of the IAHS, IUGC XXII General Assembly of the Int. 1999.

POMPÊO, Cesar Augusto. Drenagem Urbana Sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Vol. 5, Nº 1, pp. 15-23. 2000.

REZENDE, O. M.; MIGUEZ, M. G; VEROL, A. P. Manejo de Águas Urbanas e sua relação com o desenvolvimento urbano em bases sustentáveis integradas: estudo de caso dos rios Pilar-Calombé, em Duque de Caxias/RJ. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v. 18, n. 2, pg. 149-163. Porto Alegre, 2013.

RIGHETTO, A.M. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

DOS SANTOS, L. B.; MAMEDE, B. B. Automação em drenagem pluvial e controle de enchentes: aproveitamento das águas nos grandes centros urbanos. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 9, n. 2, 2013

SILVEIRA, A.L.L. Apostila: **Drenagem Urbana: aspectos de gestão**. 1.ed. In: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CNPq), 2002.

SNIS, SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas 2017. Brasília, 2017.

SOVERAL, C. Saneamento: Brasil corre atrás das Metas do Milênio. **Revista ECOS**. Porto Alegre, v. 28, n. 15, pg. 20-40, dez. 2008.

TIM- I.I - Trabalho de Integralização Multidisciplinar II. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Curso de Engenharia Civil, Projeto de Infra-Estrutura e Equipamentos Urbanos: Termo de Referência, p. 25, 2008.

TOMINAGA, E. N de S.. **Urbanização e Cheias: Medidas de Controle na Fonte**. 2013 137 f., Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, Escola Politécnica.

TRAVASSOS, L.; PENTEADO, C. L.; FORTUNATO, I. Urbanização desigual: rios, mídia e modernização ecológica. **Espacio Abierto**, Maracaibo, v. 26, n. 2, pg. 61-81, jun. 2017.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações e drenagem urbana: Inundações urbanas na América do Sul**. 1. ed . Porto Alegre, ABRH, 2003.

TUCCI, C. E. M. Gestão de Inundações Urbanas: Ministérios das Cidades. **Global Water Partnership** –World Bank –Unesco. 269 p. 2005.

TUCCI, C. E. M.. Inundações urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v. 10, n. [], pg. 88-105, jan. 2005.

TUCCI, C. E. M.; MELLER, A. Regulação das Águas Pluviais Urbanas. **Revista de Gestão de Água da América Latina**. Porto Alegre, v. 4, n. 01, pg. 75-89, jun. 2007.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados – Universidade de São Paulo**. São Paulo, v. 22, n. 63, pg. 97-112. 2008.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologias e Climatologia**, versão digital 2, v.1, 2006. Disponível em: < <http://www.agritempo.gov.br/modules/downloads=viewdownload>>. Acesso em: 24 jun. 2019.

VELOSO, G. A. Geotecnologias aplicadas ao uso do solo: estudo de caso bacia do Vieira no município de Montes Claros. In: XVI Encontro Nacional de Geógrafos, 2010, Porto Alegre - RS. **Anais do XVI Encontro de Geógrafos Brasileiros**, p. 1-11, Porto Alegre, 2010

ZANUSO, Cláudia Cezaro. **Os Rios e as cidades**. 1 ed. São Paulo: Klaumon / Forma Comunicação, 2002.

ZHOU, Q. A Review of Sustainable Urban Drainage Systems Considering the Climate Change and Urbanization Impacts. **Water Journal**. Guangzhou, v. 6, n. 4. Pg. 976-992, abr. 2014.

