

Nicholas Pinheiro Pescadinha

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

Bruno Matos de Farias

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Norte Shopping)

RESUMO

No estado do Rio de Janeiro, mais especificamente na cidade de Nilópolis o acelerado processo de urbanização tem trazido muitos problemas ambientais às pessoas, principalmente relacionados às enchentes periódicas. Este trabalho tem como objetivo determinar os pontos de risco ambiental, de desastres de inundação na Bacia do Rio Sarapui, região oeste do Rio de Janeiro, por meio de mapas detalhados em escala. Visa também propor soluções técnicas como a utilização de reservatórios de retardo de águas pluviais tanto a nível macro (município) como micro (edificações) a fim de minimizar os impactos das chuvas torrenciais e suas consequências. Outras soluções propostas seriam: a utilização de tipos de pavimentação permeáveis e um plano de utilização e conservação consciente da água utilizada.

Palavras-chave: Inundação; Geografia de Risco; Drenagem.

INTRODUÇÃO

A urbanização no Brasil tem início no século XX com o êxodo rural e o consequente aumento da população urbana. Esse processo foi considerado falho e desordenado. Um dos problemas associados a esse acontecimento é a questão da drenagem urbana (PARKINSON et al., 2003). Outra questão é o consumo maior de água por essa população.

Devido ao grande crescimento populacional, principalmente nas metrópoles, o consumo de água vem aumentando significativamente. Em contrapartida não houve um aumento na produção da água potável para satisfazer os diversos tipos de demanda (PREFEITURA MUNICIPAL DE NILÓPOLIS, 2013).

Segundo a Lei Federal 11.445:2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, o conceito de saneamento básico é definido como “o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e resíduos sólidos”. O saneamento básico é de alta importância para a população, impactando diretamente na saúde e qualidade de vida do indivíduo e da sociedade como um conjunto (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAUDE, 2006).

De acordo com Parkinson et al. (2003), em relação à drenagem urbana observa-se uma correlação com a segregação social (no que diz respeito às doenças), e de

infraestrutura. Com isso, populações de baixa renda conseqüentemente tem baixo acesso a essa infraestrutura. O aumento da urbanização em conjunto com uma falta de planejamento adequado eleva os riscos desse problema (ORZENN, 2016).

A drenagem urbana sendo responsável por lidar com as águas pluviais implica diretamente na ocorrência de alagamentos e inundações. Essas inundações podem ser as causadoras de muitas doenças e poluição dos rios (IBGE, 2000).

Ao longo dos anos, o Brasil apresentou um crescimento significativo da população em sua área urbana, sua taxa é de 80%, sendo essa próxima à saturação. Esse crescimento fez com que houvesse conseqüências em relação aos recursos hídricos como: abastecimento de água, transporte, esgoto e drenagem pluvial. Gerando assim conseqüências importantes (TUSSI, 2007). Por exemplo o acesso a água e ao saneamento reduz, em média, 55% da mortalidade infantil (WRI, 1992).

No estado do Rio de Janeiro, o índice de abastecimento de água é de 92,15%, enquanto apenas 33,70% do esgoto gerado é tratado (SNIS, 2017).

O acontecimento das enchentes e das inundações podem ocorrer por dois processos: enchentes em áreas ribeirinhas que são consideradas naturais e que atingem a população devido à falta de planejamento do uso do solo, e pela urbanização que pode por exemplo causar a impermeabilização do solo devido telhados, ruas calçadas e pátios (TUSSI, 2007).

Os prejuízos decorrentes das inundações englobam desde engarrafamentos até prejuízos a saúde da população, além de danos do patrimônio (TOMAZ, 2010).

Devido crescimento urbano desordenado, as bacias hidrográficas acabam sendo afetadas. Muitas famílias ocupam determinados espaços impróprios para moradia devido falta de dinheiro ou de opção, acarretando alterações no solo, e posteriormente, inundações causadas pela devastação do terreno (INEA, 2017).

A construção de prédios e remoção das vegetações impactam diretamente no comportamento das bacias fazendo com que o solo se torne ainda mais impermeável, diminuindo o escoamento da água das chuvas (TUSSI, 1997).

No estado do Rio de Janeiro, o índice de abastecimento de água é de 92,15%, enquanto apenas 33,70% do esgoto gerado é tratado (SNIS, 2017).

Situado no estado do Rio de Janeiro está o município de Nilópolis, que é componente da chamada Região Metropolitana I ou Baixada Fluminense. Nilópolis está inserido em duas bacias hidrográficas contribuintes para a Baía de Guanabara

a Bacia do Rio Iguaçu e a Bacia do Rio São João de Meriti e é formado desordenadamente por um grupo de canais hidrográficos vindos da Serra de Bangu. (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO PARTICIPATIVO, 2013). Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), Nilópolis possui 0% de tratamento próprio em sua rede e grande parte da sua população não tem coleta em suas residências. Há então o despejo in natura no Rio Pavuna-Meriti, poluindo-o cada vez mais, e que tem com destino final a Baía de Guanabara (ALMEIDA, 2017).

Situado no estado do Rio de Janeiro está o município de Nilópolis, que é componente da chamada Região Metropolitana I ou Baixada Fluminense. Nilópolis está inserido em duas bacias hidrográficas contribuintes para a Baía de Guanabara

a Bacia do Rio Iguaçu e a Bacia do Rio São João de Meriti e é formado desordenadamente por um grupo de canais hidrográficos vindos da Serra de Bangu. (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO PARTICIPATIVO, 2013).

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), Nilópolis possui 0% de tratamento próprio em sua rede e grande parte da sua população não tem coleta em suas residências. Há então o despejo in natura no Rio Pavuna-Meriti, poluindo-o cada vez mais, e que tem com destino a Baía de Guanabara (ALMEIDA, 2017).

A região da baixada fluminense é muito rica em recursos hídricos, porém esses

encontram-se degradados e esquecidos (VELASCO, 2010).

O assoreamento do Rio Sarapuí está causando preocupação na população que teme novas inundações. Os populares referem que há muito tempo não veem dragas fazendo o trabalho de assoreamento e que devido a isso a capacidade de drenagem estaria comprometida (SANTOS, 2020). Além disso a falta de formas auxiliares de drenagem pela cidade contribui mais ainda para ocorrências de alagamentos e enchentes.

Devido grande aumento de inundações com resultante perdas e transtornos, falta de manutenção e cuidado com os sistemas de escoamentos, o sistema de drenagem precisa ser estudado e discutido (TUSSI, 2007).

Segundo Imada (2014), o sistema de drenagem pluvial que desemboca as precipitações em bueiros e sarjetas não condiz com a necessidade real do meio urbano, pois apesar de ser um jeito rápido de escoamento, o excesso de água é apenas transferido para outro local considerado mais favorável sendo assim uma solução pontual. Por exemplo: se houver um aumento de volume de água essas

medidas tendem a ser insuficientes, podendo causar erosão do solo e consequente transtorno a população local.

Este trabalho trata de um estudo de cenário da praça Paulo de Frontin, Nilópolis - Rio de Janeiro.

O objetivo geral desse trabalho é o de apresentar os principais conceitos inerentes à falha na drenagem urbana no município de Nilópolis e indicar uma proposta que contribua com o plano de ação relacionado à drenagem de águas pluviais estabelecido no plano diretor da cidade.

Como objetivos específicos pretende-se:

- a) Indicar possíveis soluções que já foram adotadas com sucesso em outras cidades para aliviar o impacto de chuvas de forte intensidade, de modo a diminuir alagamentos;
- b) Apontar práticas que incentivem o reaproveitamento das águas das chuvas em áreas urbanas, para fins não potáveis, e desta forma a sustentabilidade;
- c) Indicar a utilização de novos tipos de materiais para pavimentação de ruas, que tenham um certo grau de permeabilidade.

REFERENCIAL TEÓRICO

A água é um recurso natural essencial para vida e a saúde (UN, 2002). No ano de 2000, nações se uniram para firmar o compromisso de combater os principais males que afligem a humanidade. Um dos compromissos tinha o objetivo de reduzir pela metade a proporção da população sem acesso a água potável segura e esgotamento sanitário básico (ONU, 2000).

Segundo Mota et al. (2012), a garantia do saneamento é dever do governo, e fator essencial para a população e a preservação do meio ambiente. O Brasil possui um grave problema de infraestrutura devido a expansão acelerada da urbanização e consequente aumento da população, ocasionando inundações, fato esse que pode estar relacionado a diversos fatores como o baixo nível de conhecimento e conscientização do problema, além da falta de planos de drenagem urbana a longo prazo e manutenções do sistema já existe

e implementado (BRAGA, 1994 apud CANHOLI, 2005).

De acordo com Canholi (2005), conforme a história engenheiros tentaram solucionar os problemas de drenagem urbana com obras de canalização para um maior e mais rápido escoamento, porém a aceleração dos escoamentos resultou em uma redução dos espaços naturais. Diferentes leis e planos foram criados para proteger os

atingidos, além da criação de plano de operações. Porém muito desses projetos foram inviáveis devido alto custo (BRAGA, 1994 apud CANHOLI, 2005). Alguns projetos acabaram sobrecarregando rios e córregos afetando continuamente a população (SHEAFFER e WRIGHT, 1982 apud CANHOLI, 2005).

Saneamento básico

De acordo com a Fundação Nacional da Saúde saneamento ambiental é: “o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar Salubridade Ambiental, por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas,

com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural” (FUNASA, 2006).

FUNASA. (2006). Manual de saneamento. Brasília: Fundação Nacional de Saúde.

Principalmente nos países do terceiro mundo, a falta de instalações de saneamento básico gerou sérios problemas de saúde pública, que reduziram a força de trabalho e causaram a perda de muitas vidas. Os serviços de água não atendem 12% da população urbana, a coleta de esgoto cobre apenas 35% da população e apenas 8% do esgoto é tratado de maneira adequada. Quanto aos resíduos sólidos, a situação é muito grave: 76% estão acumulados nos “lixões”. O documento reiterou que na drenagem e controle de enchentes de áreas urbanas, essas ações são urgentes, esporádicas e quase sempre determinadas após um desastre (POMPÊO, 2000).

Segundo Almeida (2020), O esgoto é formado por cerca de 99,5% de água e 0,5% de resíduos sólidos (como areia, lixo e matéria orgânica), o que causa um grande impacto negativo no meio ambiente. O objetivo da estação de tratamento é remover 0,5% das impurezas presentes na água, e o processo dura menos de 24 horas.

A água potável deve proporcionar uma melhor qualidade de vida às pessoas, podendo ser usada para alimentação, higiene e prevenção de doenças. Além de prevenir a poluição do solo e da água, o destino do lançamento de esgoto também tem como objetivo básico a prevenção de doenças (FUNASA, 2006).

Políticas públicas voltadas para a melhoria das condições básicas de saúde da comunidade podem efetivamente reduzir a mortalidade de recém-nascidos após o nascimento, sendo que as mortes ocorridas nesse período se devem principalmente a doenças relacionadas às condições de seu ambiente de vida. Este fato confirma que o sistema de tratamento de esgoto junto ao aumento da cobertura populacional pode reduzir ainda mais a mortalidade infantil no Brasil (HOLCMAN, LATORRE E SANTOS, 2004).

O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) consiste no planejamento integrado do saneamento básico considerando seus quatro componentes: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, coleta de lixo e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais

urbanas e possui o horizonte de 20 anos, devendo ser avaliado todo ano e revisado a cada quatro anos (BRASIL, 2013).

Figura 1: Quatro componentes do PLANSAB



FONTE PLANSAB 2020

Drenagem urbana

Segundo Tussi (2001), o termo drenagem urbana é entendido como uma série de medidas destinadas a minimizar os riscos enfrentados pela população, reduzir os danos causados pelas enchentes, tornando possível desenvolvimento urbano harmonioso e sustentável.

Figura 2: Rede de drenagem urbana



Fonte: ASSEMAE 2015

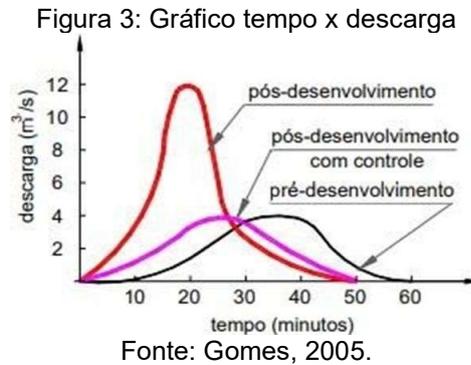
O sistema de drenagem tem sua particularidade: independentemente de haver sistema de drenagem suficiente, a água da chuva é sempre descartada. A qualidade do sistema determinará se os ganhos ou perdas populacionais são grandes ou pequenos. (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1986).

Devido à concentração de muita água no tempo e no espaço, ocorrência de enchentes urbanas não só causou várias perdas em quantidade e qualidade, mas também causou desconforto às pessoas. Em relação à qualidade, é fundamental caracterizar a carga poluente causada por chuvas intensas, que podem causar efeitos devastadores no meio urbano (NASCIMENTO; QUELHAS; FONSECA, 2007).

Como se sabe, a entrada de precipitação (chuva) pode incluir uma maior carga de poluição que está principalmente em precipitação forte e eventos de curta duração, responsável pelas enchentes no centro da cidade. Dentre as medidas tradicionais adotadas, razões para a expansão da capacidade do sistema de drenagem reduz o tempo de viagem e, portanto, reduz a inundação que foi transferida para o curso inferior da bacia (TUSSI, 2007).

O ciclo hidrológico é impactado gravemente pela urbanização desordenada, causando alterações importantes na drenagem e aumentando o acontecimento de enchentes, deslizamentos e inundações, resultado em um risco a vida (BENINI E MENDIONDO, 2015).

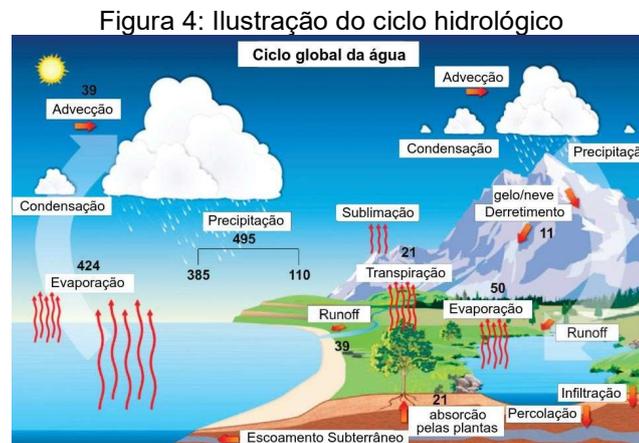
A degradação da bacia hidrográfica é causada por diversos fatores, como desmatamento, urbanização, terraplenagem e mineração. (DIAS E GRIFFITH, 1998). O desenvolvimento urbano geralmente está relacionado à substituição do ambiente natural ou seminatural pelo ambiente construído, direcionando a água da chuva e do esgoto para o corpo d'água próximo ao canal de drenagem, reduzindo a recarga do aquífero (HAUGHTON E HUNTER, 1994).



Finalizar citando que é preciso analisar o ciclo hidrológico das bacias para se determinar as redes de drenagem urbanas, citar a fonte e o ano.

Ciclo hidrológico

De acordo com Tucci, 2001, o ciclo hidrológico (Figura X) é o fenômeno de circulação fechada de água entre a superfície terrestre e atmosfera, impulsionado, pela energia solar em conjunto com a gravidade e a rotação terrestre (TUCCI, 2001).



O ciclo hidrológico pode sofrer alterações nas áreas urbanas ocasionado principalmente pelas alterações nas superfícies e escoamentos, além do aumento da poluição com contaminação do ar e superfícies dispostos pela população. (TUSSI, 2003).

Quando as condições naturais da paisagem são substituídas por condições impermeáveis, a permeabilidade do solo diminui, o escoamento superficial aumenta e a água despejada no sistema de drenagem atinge um pico (TUCCI, 1993).

De acordo com Roesner et al. (2001) vazões de pico após o processo de ocupação aumentam de duas a mais de dez vezes com relação à vazão para a situação não urbanizada.

Figura 5 Área urbana sob chuva intensa

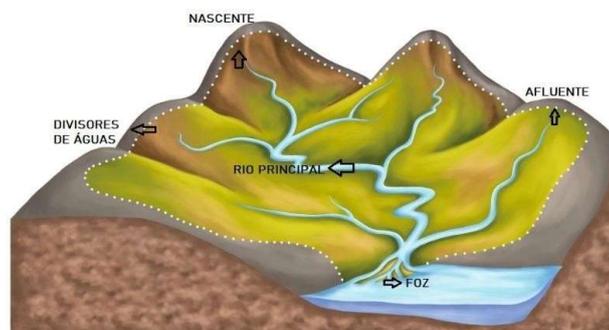


Fonte: G1 (2018)

Bacias hidrográficas

As bacias hidrográficas (Figura 5) são áreas onde a água da chuva é coletada naturalmente convergindo o tráfego para um único escoamento. A bacia hidrográfica consiste basicamente em um conjunto de superfícies inclinadas e a rede de drenagem formada pela convergência das hidrovias (TUSSI, 2001).

Figura 6 Estrutura de uma bacia hidrográfica



Fonte: Mundo educação (2015)

Baía de Guanabara

A Baixada Fluminense está localizada na parte oeste da Bacia da Baía de Guanabara (Figura X). Comparada à inundação urbana, está localizada em uma das áreas mais críticas do Estado do Rio de Janeiro (CARNEIRO et al, 2010).

Figura 7: Vista aérea da Baía de Guanabara e o seu entorno

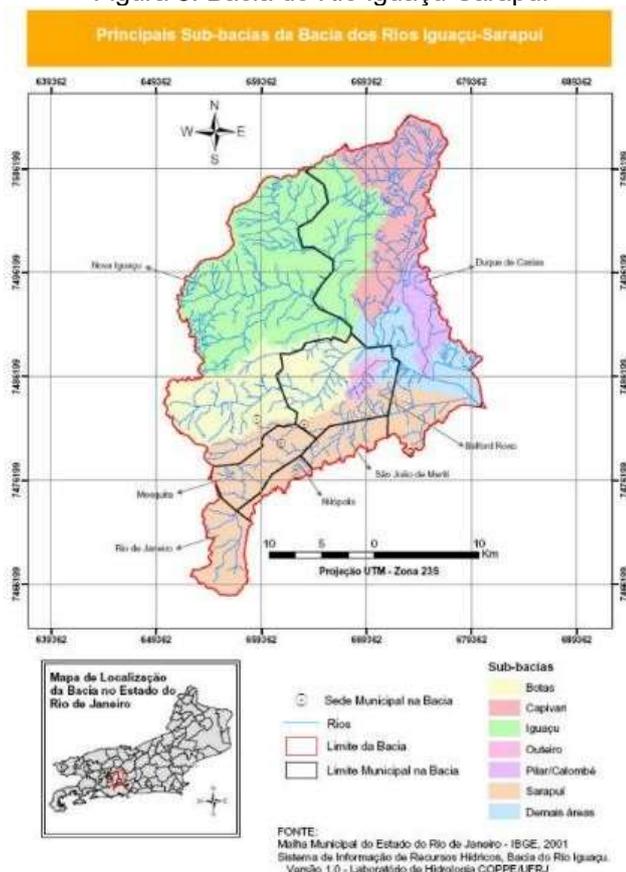


Fonte: Satélite Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) 2016.

Conforme Carneiro et al, 2010, as inundações na bacia são causadas pelo processo de ocupação e uso do solo inadequado às condições básicas da Baixada Fluminense.

A Bacia do Rio Iguaçu-Sarapuí (Figura 8), é uma das principais sub-bacias da Área Hidrológica da Baía de Guanabara. A bacia cobre uma área de 727 quilômetros quadrados, todos localizados na região metropolitana do Rio de Janeiro. Acomodando totalmente as cidades de Belford Roxo e Mesquita, bem como alguns municípios do Rio de Janeiro, Nilópolis, São João Meriti, Nova Iguaçu e Duque de Caxias (CARNEIRO et al, 2010).

Figura 8: Bacia do Rio Iguaçu-Sarapuí



Fonte: IBGE, 2001

Um dos fatores de maior relevância para a ocorrência de enchentes e alagamentos em Nilópolis é a grande quantidade de lixo jogado pela população no rio Sarapuí. Não há uma limpeza no rio, com isso os materiais descartados acumulam ao longo do seu percurso (NILÓPOLIS ON LINE, 2012).

Precipitação

Em uma bacia rural a precipitação se infiltra, ficando retida nas depressões e vegetações tendo como finalidade a evaporação ou deslocamento na bacia. Devido a urbanização as precipitações acabam ocorrendo sobre o solo impermeável com consequente aumento do escoamento superficial e aumento da velocidade de deslocamento por canais, diminuindo a infiltração e evaporação. (LEOPOLD, 1968, SCHUELLER, 1987, TUCCI, 2007 apud TUCCI 2016).

Segundo Tucci (2016), os processos que ocorrem durante o período de

inundações são chamados de poluição difusa urbana e acontecem devido efeitos da urbanização como: aumento da erosão do solo decorrente do aumento da energia da velocidade do escoamento superficial e pelos poluentes que deterioram a qualidade da água. Esse impacto em diferentes momentos não é detectado devido a água estar poluída pela falta de tratamento de esgoto sanitário. Todos esses fatores resultam em inundações, má qualidade da água, erosão do solo, acúmulo de resíduos e aumento das doenças.

TUCCI, C. E. M. Regulamentação da drenagem urbana no Brasil, 2016.

De acordo com Amaral e Ribeiro (2009), A principal combinação de condições para inundações, enchentes e alagamentos são as condições naturais: topografia; características da rede de drenagem na bacia; intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; características do solo e conteúdo de água; presença ou ausência de cobertura vegetal ; Uso e ocupação irregular de planícies e margens de rios; destinação irregular de lixo próximo a cursos d'água; mudanças nas características de bacias hidrológicas e hidrovias (vazão, retificação e desvio de rios, impermeabilização de solos, etc.).

O processo de urbanização teve um impacto significativo no ambiente. No processo de desenvolvimento urbano, o ser humano transforma o ambiente natural em um ambiente adequado aos seus interesses, o que na maioria dos casos resulta em uma superfície impermeável maior. Devido a pavimentação e compactação do solo criou-se uma barreira que impede a infiltração das águas pluviais no solo das superfícies urbanas gerando com isso um desequilíbrio do balanço hídrico (TUCCI, PORTO e BARROS, 1995).

Figura 9: Formação de lâmina d'água



Fonte: nordeste notícias (2021)

Nas áreas urbanas, devido à impermeabilidade do solo, o ciclo hidrológico da parte do terreno é afetado pelo escoamento superficial e infiltrações. A impermeabilização é geralmente realizada na construção de pavimentos asfálticos em obras de alvenaria, passagens públicas de pedestres e vias de circulação de veículos (FRITZEN E BINDA, 2011).

O processo de infiltração da água no solo é extremamente importante para a recarga de reservatórios subterrâneos. A água subterrânea não apenas fornece uma fonte estável de água para o abastecimento doméstico e para as necessidades industriais, urbanas e agrícolas, mas também fornece flora e fauna e canais abertos para a seca (COELHO NETTO, 1995).

Alagamentos

Os alagamentos são definidos como acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ou não ter relação com processos de natureza fluvial (IPT, 2007).

De acordo com Castro (2003), “os alagamentos são frequentes nas cidades mal planejadas ou quando crescem explosivamente, dificultando a realização de obras de drenagem e de esgotamento de águas pluviais”.

Figura 10: Alagamento na cidade de São Paulo



Fonte: Correio do sul (2019)

Enchentes

Segundo Pompêo (2000), a enchente é um fenômeno natural causado por chuvas em grande escala e que ocorre com frequência na natureza. Por outro lado, nas áreas urbanas, devido às chuvas densas, períodos de grande remanso ou devido a mudanças no ciclo hidrológico, as enchentes geralmente ocorrem no trecho superior da cidade, o que pode levar ao transbordamento do nível da água ou devido à urbanização.

Figura 11: Enchente na cidade de Nilópolis



Fonte: Nilópolis online(2020)

Inundações

Tucci (2002) classifica as inundações em: inundações ribeirinhas e inundações em decorrência da urbanização.

- a) Inundações ribeirinhas (figura?): Acontecem quando a população se situa nas margens dos rios, na faixa de ocupação das águas, durante o período de elevador índice pluviométrico. Sendo caracterizada como uma ocupação natural.

Figura 12: Inundação Ribeirinha



Fonte: Slideplayer(2020)

Inundações causadas pela urbanização (figura?): Ocorre devido o crescimento desordenado das cidades, ligados a impermeabilização do solo, aumento da produção de lixos e obras sem planejamento.

Figura 13: Inundação causadas pela urbanização



Fonte: O Globo(2019)

Controle de inundações

Ao longo dos anos, o governo tem adotado ações para controlar as inundações em algumas bacias hidrológicas. Essas ações visam controlar inundações e/ ou minimizar os danos das enchentes (NASCIMENTO, QUELHAS e FONSECA, 2007). De acordo com Canholi (2005), ações corretivas e/ou preventivas podem ser classificadas de acordo com sua natureza em: medidas estruturais e não estruturais.

As medidas estruturais referem-se às obras de captação, armazenamento e transporte de águas, que podem ser colocadas em prática para correção e/ou prevenção de problemas causadas pelas inundações (CANHOLI, 2005).

As medidas estruturais referem-se às obras de captação, armazenamento e transporte de águas, que podem ser colocadas em prática para correção e/ou prevenção de problemas causadas pelas inundações (CANHOLI, 2005).

As medidas não estruturais minimizam os danos das enchentes, por meio das legislações e regulamentos e não por meio de obras. Disciplina o uso e ocupação do solo urbano e dos programas de conscientização da população para que ela possa manter os dispositivos que constituem o sistema de drenagem urbana (CANHOLI, 2005).

Medidas estruturais

Essas medidas têm a finalidade de transportar ou deter os deflúvios produzidos nas bacias propiciando assim uma infiltração localizada, reduzindo os impactos ocasionados pela urbanização no hidrograma resultante (RIGHETTO, 2009).

As medidas estruturais podem incluir: bueiros, bocas-de-lobo, galerias, canais, bacias de detenção, reservatórios, entre outros.

Os sistemas estruturais podem ser classificados em função das categorias funcionais, segundo o Quadro 1.

Quadro 1: Categorias funcionais

Principais Categorias	Medidas Estruturais
Detenção do escoamento	Bacia de detenção ou de atenuação de cheia Bacia de retenção com infiltração
Área inundável	Terreno adaptado a alagamento
Vegetação	
Dispositivos de infiltração	Vala de infiltração Bacia de infiltração Pavimento poroso
Filtros orgânicos e de areia	Filtro superficial de areia Filtro subterrâneo
Tecnologias alternativas	

Fonte: Righetto, 2009.

Medidas não estruturais

A seguir segue o Quadro 2 resume e agrupa algumas das medidas não estruturais.

Quadro 2: Medidas não estruturais.

Principais Categorias	Medidas Não Estruturais
Educação pública	Educação pública e disseminação do conhecimento
Planejamento e manejo da água	Equipe técnica capacitada Superfícies com vegetação Áreas impermeáveis desconectadas Telhados verdes Urbanização de pequeno impacto
Uso de materiais e produtos químicos	Uso de produtos alternativos não poluentes Práticas de manuseio e de armazenamento adequadas
Manutenção dos dispositivos de infiltração das vias	Varrição das ruas Coleta de resíduos sólidos Limpeza dos sistemas de filtração Manutenção das vias e dos dispositivos Manutenção dos canais e cursos d'água
Controle de conexão ilegal de esgoto	Medidas de prevenção contra a conexão ilegal Fiscalização: detecção, retirada e multa Controle do sistema de coleta de esgoto e de tanques sépticos
Reúso da água pluvial	Jardinagem e lavagem de veículos Sistema predial Fontes e lagos

Fonte: Righetto, 2009.

Bacia de detenção/retenção

Bacias de amortecimento são os dispositivos alternativos mais utilizados para a gestão de águas pluviais, segundo ASCE (1992). Projetadas para interceptar e reter temporariamente um volume de água pluvial e liberá-la após o evento, seus objetivos são controlar a vazão de pico, o volume decorrente do escoamento superficial, a qualidade das águas pluviais e promover a recarga dos aquíferos pelas águas pluviais (GRIBBIN, 2006)

As bacias de detenção têm a finalidade de amortecer a vazão de pico gerada pelo evento de chuva, retendo o volume da precipitação por um determinado tempo para liberá-lo aos poucos. Segundo Durrans (2003), bacias de detenção possuem pelo menos uma estrutura de saída, que permite a saída do fluxo em uma quantidade menor que o fluxo de entrada. A diferença entre os fluxos de entrada e saída resulta não só na redução do escoamento superficial, mas também armazena temporariamente o excesso de fluxo. Essas medidas não estruturais

A seguir segue o Quadro 3 resume e agrupa algumas das medidas não estruturais.

Quadro 3: Medidas não estruturais.

Principais Categorias	Medidas Não Estruturais
Educação pública	Educação pública e disseminação do conhecimento
Planejamento e manejo da água	Equipe técnica capacitada Superfícies com vegetação Áreas impermeáveis desconectadas Telhados verdes Urbanização de pequeno impacto
Uso de materiais e produtos químicos	Uso de produtos alternativos não poluentes Práticas de manuseio e de armazenamento adequadas
Manutenção dos dispositivos de infiltração das vias	Varição das ruas Coleta de resíduos sólidos Limpeza dos sistemas de filtração Manutenção das vias e dos dispositivos Manutenção dos canais e cursos d'água
Controle de conexão ilegal de esgoto	Medidas de prevenção contra a conexão ilegal Fiscalização: detecção, retirada e multa Controle do sistema de coleta de esgoto e de tanques sépticos
Reúso da água pluvial	Jardinagem e lavagem de veículos Sistema predial Fontes e lagos

Fonte: Righetto, 2009.

Bacia de detenção/retenção

Bacias de amortecimento são os dispositivos alternativos mais utilizados para a gestão de águas pluviais, segundo ASCE (1992). Projetadas para interceptar e reter temporariamente um volume de água pluvial e liberá-la após o evento, seus objetivos são controlar a vazão de pico, o volume decorrente do escoamento superficial, a qualidade das águas pluviais e promover a recarga dos aquíferos pelas águas pluviais (GRIBBIN, 2006)

As bacias de retenção têm a finalidade de amortecer a vazão de pico gerada pelo evento de chuva, retendo o volume da precipitação por um determinado tempo para liberá-lo aos poucos. Segundo Durrans (2003), bacias de retenção possuem pelo menos uma estrutura de saída, que permite a saída do fluxo em uma quantidade menor que o fluxo de entrada. A diferença entre os fluxos de entrada e saída resulta não só na redução do escoamento superficial, mas também armazena temporariamente o excesso de fluxo. Esse tipo de bacia é caracterizado por ser uma bacia seca, ou seja, elas possuem nível d'água apenas durante o período chuvoso

As bacias de retenção podem ser projetadas para céu aberto ou por obras subterrâneas, utilizando tubos de grandes diâmetros ou outros tipos de câmaras no subsolo. Esse último tipo é geralmente utilizado em locais onde não há muito espaço e apresenta maior custo, pois tem a capacidade de armazenamento de volume bem menor que as bacias a céu aberto e não possuem capacidade de retenção de poluentes, exigindo que sejam tomadas medidas adicionais para resolver essa questão (GRIBBIN, 2006).

Os “piscinões” são um ótimo exemplo. Eles foram criados para que no período de chuvas haja amortecimento e armazenamento da água excedente, fazendo com que essa água aos poucos seja liberada, controlando assim as inundações (ARAUJO, SANTOS, GONÇALVES, 2019).

Os piscinões, através de controle de vazões, conseguem manobrar muito bem os volumes de chuva (NAKAMURA, 2012).

O dimensionamento dos piscinões é feito a partir de cálculos hidrológicos que determinam qual volume precisa ser retido para a partir daí localizar a área. Além da drenagem e armazenamento das águas da chuva, devido as características de seu projeto, outras funções podem ser atribuídas a esse espaço, como revitalização com mais áreas verdes e recreação (NAKAMURA, 2012)

Abaixo conforme Figura 14, um exemplo de “piscinão” construído no Rio de Janeiro.

Figura 14: Piscinão Praça Varnhagem – Tijuca, Rio de Janeiro



Fonte: Governo do Rio de Janeiro (2017)

Legislações

Ainda não existe uma legislação a nível federal ou nas normas técnicas do Brasil que estabeleça o dimensionamento do reservatório para retardar a precipitação do fluxo pluvial em cada distrito. Cada município que promulgou regulamentos, Decretos ou Leis para a implantação de tais equipamentos e apontou seu próprio método de determinação de tamanho, pois os eventos de chuva, uso e ocupação do solo, sistemas de drenagem e outros fatores que afetam a drenagem das águas pluviais podem variar de acordo com cada local (MEDEIROS, 2015).

Em se tratando do estado do Rio de Janeiro, é importante ressaltar que algumas dessas legislações municipais exigem a implantação de reservatórios de retardo, mas

não indicam quando ficarão vazios, exceto para a cidade de Nova Iguaçu, que indica duas horas após o término da chuva. O município do Rio de Janeiro é a única cidade que faz a determinação do tamanho da saída da tubulação do reservatório de retardo, o que é crucial para determinar a vazão de contribuição na rede urbana de águas pluviais (FERREIRA, 2012).

Através do Decreto nº 23.940/2004 que torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem, do município do Rio de Janeiro, tornou-se obrigatória a construção de reservatório destinado ao acúmulo das águas pluviais e posterior descarga para a rede de drenagem e de outro reservatório de acumulação das águas pluviais para fins não potáveis, quando couber, para empreendimentos que possuam área impermeabilizada superior a 500 m².

Além do decreto, o município do Rio de Janeiro também tem uma lei de conservação e uso racional das águas nas edificações, que é a Lei Nº 5.279: 2011 (Anexo 1). Essa lei cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações e tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

A Lei nº 4.092: 2001 (Anexo 2), da cidade de Nova Iguaçu, estipula que novos empreendimentos localizados em terrenos com mais de 500 metros quadrados devem instalar um reservatório para retardar a entrada da água da chuva no sistema de drenagem por duas horas.

A Lei nº 2.630:2009 (Anexo 3), do município de Niterói, determina que as novas edificações, públicas ou privadas, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m² deverão ser dotadas de reservatório de águas pluviais. A Lei determina que o reservatório de águas pluviais possa ser de acumulação ou de retardo.

É importante citar a lei nº 4393, de 16 de setembro de 2004 (Anexo 4), que atua em todo estado do Rio de Janeiro e dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências. Fazer a mesma coisa que orientei no parágrafo acima para o município do Rio.

Nilópolis

De acordo com o INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA:

O município de Nilópolis está localizado na região metropolitana do Oeste Fluminense. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a área total da cidade é 1.839,6 quilômetros quadrados, divididos em 2 (dois) distritos: Sede Nilópolis e Olinda (IBGE, 2019).

O Plano Diretor da Cidade de Nilópolis, formulado de acordo com a Lei Complementar nº 68 de 03 de outubro de 2006 ajuda a coordenar projetos, atividades de longo prazo e temporárias e assuntos dos setores público e privado relacionados com as áreas municipais.

A Topografia de modo geral é própria de baixada, com áreas sujeitas a alagamentos devido ao transbordamento nos períodos de chuvas fortes dos Rios Pavuna, Rio Sarapuí e do Canal Peri-Peri.

Ao longo dos anos foram realizados vários projetos e obras de drenagem e manejo de águas no município de Nilópolis, como a canalização do Rio Pavuna e a criação em parte das suas margens de vias marginais, elaboração do plano de combate aos pontos

de alagamento da cidade tendo como fator principal as cheias de 1986 e 1988 que com o aumento da permeabilidade do solo, foi necessário o redimensionamento de galerias de drenagem e implantação de sub-bacias. Uma das obras mais importantes foi a barragem de laminação de cheias que tem como finalidade o amortecimento dos picos de enchentes dos afluentes à região urbana. A bacia de acumulação criada se situa dentro do Centro de Instrução Gericoínó, sob responsabilidade do Exército Brasileiro (Plano Municipal de Saneamento Básico, RJ). Na figura 15, vemos o mapa de Nilópolis.

Figura 15: Mapa de Nilópolis



Fonte: Google maps

METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em demonstrar técnicas e cálculos para melhoria da drenagem urbana em um objeto de estudo na cidade de Nilópolis, município do Rio de Janeiro.

MODELAGEM MATEMÁTICA

Equação das chuvas

Determinação da Intensidade de Chuva Para obtenção das intensidades de chuvas de curta duração, em função de diversos tempos de recorrência, aplicaram-se procedimentos a seguir descritos: • Primeiramente transformou-se as chuvas de 1 dia, para diferentes tempos de recorrência (T), em uma chuva de 24 horas, através da relação: $P(24h:T) / P(1 \text{ dia}:T) = 1,13$. • Através do valor da chuva de 24 horas, para um dado T, é possível determinar as chuvas de mais curta duração através de relações médias entre precipitações de diferentes durações, definidos por um estudo de chuvas intensas, efetuados pelo INEA (BRAGA, 2018).

QUADRO 4: Relação de chuvas de diferentes durações

Relação de Chuvas de Diferentes Durações	Valor Médio Obtido pelo DNOS	Relação de Chuvas de Diferentes Durações	Valor Médio Obtido pelo DNOS
5 min / 30 min	0,34	1 h / 24 h	0,42
10 min / 30 min	0,54	6 h / 24 h	0,72
15min / 30min	0,70	8 h / 24 h	0,78
20 min / 30min	0,81	10 h / 24 h	0,82
25 min / 30 min	0,91	12 h / 24 h	0,85
30 min / 1 h	0,74		

Fonte: BRAGA (2018)

Coleta do reservatório

De acordo com o método de Azevedo Neto o volume do reservatório de água pluvial é obtido através da seguinte equação:

$$V_{an} = 0,0042 \times P_a \times A \times T$$

Onde:

V_{an} = volume do reservatório (litros);

P_a = precipitação pluviométrica anual média (mm/ano = litros/m² por ano);

A = área de captação (m²);

T = número de meses de pouca chuva ou seca (adimensional).

Métodos de Estimativa do escoamento Superficial

Os métodos de estimativa do escoamento superficial podem ser divididos em quatro grupos conforme a seguir:

- Medição do Nível de Água - É o mais preciso; - Requer vários postos fluviométricos;
- Modelo Chuva-Vazão Calibrados - Boa precisão - Métodos baseados na hidrógrafa (Hidrograma Unitário);
- Modelo Chuva-Vazão Não Calibrado - Média precisão - Métodos baseados no método racional;

Fórmulas Empíricas - Baixa precisão - Meyer, Gregory.

Caracterização do Método Racional

É usado para calcular a vazão de pico de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo (TOMAZ, 2002). Segundo Plínio o método racional é um método indireto e foi apresentado pela primeira vez em 1851 por Mulvaney e usado nos Estados unidos por Emil Kuichling em 1889 e estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio), para diferenciar de métodos antigos que eram empíricos e não racionais, assim foi batizado de método Racional. O método racional só deverá ser usado somente em bacias pequenas ou com áreas de drenagem inferior a 3km² (300 ha) segundo ou quando o tempo de concentração não ultrapasse uma hora. O Método racional é dado pela equação:

Sendo: Q = vazão da chuva em [l/s].

C = relação entre o volume de escoamento livre superficial e o total precipitado.

I = intensidade da chuva em [mm/h]. A = área de contribuição em [m²].

Para se aplicar o método racional, segundo Plínio é necessário analisar em 15 que este método é baseado.

$$i = \frac{k \cdot TR^\alpha}{(t_d + b)^c}$$

As hipóteses para aplicação do mesmo é:

- a) toda a área contribui com o escoamento superficial e é por isso que o tempo de duração da tormenta deve ser igual ou exceder ao tempo de concentração da bacia;
- b) a chuva é distribuída uniformemente sobre toda a área da bacia;
- c) todas as perdas estão incorporadas ao coeficiente de escoamento superficial. A intensidade da chuva associada com o tempo de concentração e a frequência da ocorrência podem ser obtidas das curvas de intensidade- duração frequência (IDF) (BRAGA, 2018).

Coeficiente (C) da Fórmula Racional

O coeficiente “C” de escoamento superficial é também conhecido como coeficiente de runoff ou coeficiente de deflúvio (TOMAZ, 2002). Por definição coeficiente de runoff é a razão entre o volume total de escoamento superficial no evento e o volume total precipitado (TUCCI, 2003). A escolha do coeficiente de escoamento varia de acordo os fatores, que são: espécie de ocupação do solo, material da cobertura.

Tabela 1 : coeficiente de runoff

Telhados perfeitos sem fuga;	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas em bom estado;	0,85 a 0,90
Pavimentação de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas;	0,70 a 0,85
Para superfícies anteriores sem as juntas tomadas;	0,50 a 0,70
Pavimentação de blocos inferiores sem as juntas tomadas;	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas;	0,25 a 0,60
Estradas e passeios de pedregulho;	0,15 a 0,30
Superfícies não-revestidas, pátios de estradas de ferro e terrenos descampados, parques, jardins, dependendo da declividade;	0,10 a 0,30
Do solo na natureza e do subsolo.	0,01 a 0,20

Fonte: vilela e Mattos (1980)

Intensidade da chuva

A intensidade máxima pontual pode ser determinada através das relações intensidade-duração - frequência – IDF das chuvas. Essas relações são obtidas através de uma série de dados de chuvas intensas, suficientemente longas e representativas do local do projeto. (TOMAZ, 2002).

A equação para cálculo da Intensidade de precipitação (I) é disposta pelo, do Manual Técnico de Projetos de Drenagens Urbanos da CEDAE:

$$I = 21,7 \cdot tr^{0,16} (t+11)^{0,815} \quad (\text{Eq.02})$$

Tr = é o tempo de recorrência do evento chuvoso.

O PROJETO DE LEI COMPLEMENTAR Nº 150/2016 estabelece que a vazão máxima gerada pelo empreendimento, considerando-se as chuvas com tempo de recorrência de 10 (dez) anos. T= para a NBR 10844 referente a instalações prediais de

águas pluviais a duração de precipitação deve ser fixada em $t = 5\text{min}$.

existem forma para que possa reduzir o percentual de áreas impermeabilizada na edificação, essas são ações que favorecem a infiltração de água no solo e diminui de forma bastante significativa a vazão encaminhada ao reservatório de retenção de águas pluviais, estas são: Aplicação de pavimentos permeáveis (blocos vazados com preenchimento de areia ou grama, asfalto poroso, concreto poroso) – reduzir em até 60% (sessenta por cento) a área que utiliza estes pavimentos; Desconexão das calhas de telhado de forma a direcionar a água para superfícies permeáveis com drenagem – reduzir em até 40% (quarenta por cento) a área de telhado drenada; Desconexão das calhas de telhado de forma a direcionar a água para superfícies 17 permeáveis sem drenagem – reduzir em até 80% (oitenta por cento) a área de telhado drenada; Aplicação de trincheiras de infiltração – reduzir em até 80% (oitenta por cento) as áreas drenadas para as trincheiras; Direcionamento da água proveniente de superfície impermeável para dispositivos de infiltração sem saída – percentual de redução a ser estimado pela ADASA; Aplicação de outras medidas a serem avaliadas pela ADASA

Volume de Reservatório de Retardo Para determinação de volume que um reservatório de qualidade o mesmo deverá atender as exigências da resolução N°. 09, de 08 de Abril de 2011 da ADASA e ter aval da NOVACAP para lançamento em corpos hídricos do escoamento de águas pluviais do terreno. O capítulo IV da Resolução Art. 8º da resolução, trata-se do dimensionamento do reservatório, em que para determinação do seu volume, serão analisados o tamanho do terreno, o percentual de áreas impermeabilizadas e as características da bacia, frisando que para áreas de lote menor que 600 m^2 e destinado à habitação unifamiliar não será necessário à regularização de vazão. Partindo de terreno maior que 600 m^2 não serão permitidos que a vazão de lançamento nos corpos hídricos seja maior que $24,4\text{ L/(s.ha)}$ (vinte e quatro inteiros e quatro décimos de litro por segundo por hectare), quando a escolha do controle de 18 escoamento superficial for por meio reservatório de retenção e área do lote for menor que 200 ha (duzentos hectares), o volume do mesmo será determinado pela equação: $V = 4,705 * A_i$

* A (Eq.03) Temos: • V = volume dado em m^3 (metro cúbico). • A_i = o percentual de área impermeável, calculada pelo somatório das áreas impermeáveis com reduções pelo coeficiente de deflúvio. • A_c = área total do terreno, expressa em hectares.

Vazão de Pré-Desenvolvimento De acordo com o § 2º do artigo 5º da Resolução no 009 da ADASA, Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal, responsável pela outorga do direcionamento de águas pluviais pra corpos hídricos de propriedade do distrito federal, determina quais os valores de vazão máxima são autorizados introduzir nas redes de drenagens pluviais após a retenção da água no reservatório, para que o empreendimento não cause danos ou ultrapasse o limite que o sistema de drenagem pluvial comporta. A Agência limita uma vazão de pré-desenvolvimento, que consiste no escoamento superficial considerando a situação natural de cobertura do solo, definida pela equação:

$$Q = 24,4\text{ L s} * \text{ha} \quad (\text{Eq.04})$$

Para construção do presente trabalho foram feitos estudos Técnicos para implantação do Reservatório de retenção de águas pluviais em um empreendimento público. Os dados foram coletados perante projeto arquitetônico, por mapas e in loco, diante de visita técnica. Os dados serão utilizados para cálculos referentes ao volume do reservatório para deter a vazão escoamento das chuvas.

A CEDAE exige da Prefeitura de Nilópolis certas condicionantes para outorga dos lançamentos nos corpos hídricos da cidade e esta, por sua vez, repassa para os novos edifícios e empreendimentos o cumprimento de tais condicionantes e dentre elas, está a retenção na fonte geradora, por meio de reservatório de retenção do deflúvio gerado no

empreendimento, evitando assim a ampliação da capacidade de escoamento da rede pluvial pública, uma vez que a impermeabilização do solo pelo empreendimento, aumenta o volume pluvial escoado. Assim, para que a Empresa que irá executar o projeto dê o aval à Prefeitura de Nilópolis, e então forneça o “Habite-se” ao empreendimento, é necessário que o empreendedor implante o reservatório pluvial de retenção.

ESTUDO DE CASO

O cenário escolhido para elaboração desse trabalho é a Praça Paulo de Frontin, localizada no Município de Nilópolis – RJ, figura 16, localizada ao lado da estação de trem que divide a cidade em dois lados. A praça é de grande importância para a cidade pois foi a primeira com chafariz se tornando o primeiro ponto turístico após emancipação do município.

Característica do empreendimento

No seu entorno pode se encontrar grande malha de escoamento da cidade tanto na forma de transporte público quanto de grandes vias urbanas por onde passam grandes tubulações de drenagem da cidade.

Pelo fato da sua grande extensão e localização no município, poderia ser um dos pontos abordados pela prefeitura em seu plano diretor municipal, com a criação de um grande “piscinão” para evitar transtornos aos moradores com os alagamentos, que acarretam prejuízos financeiros aos comerciantes, moradores e cofres públicos com agravamento de buracos nas ruas. gerando assim um retardo de fluxo hidráulico na rede pública.

Figura 16: Praça Paulo de Frontin



Fonte: Google maps, 2021

Área de análise do projeto

A área da Praça Paulo de Frontin é de aproximadamente 1200m² e o perímetro de 146.08m.

Obtenção de Dados

Para obtenção de parte dos dados para a realização dos cálculos foi consultada a Prefeitura de Nilópolis, que infelizmente não disponibilizou do projeto de arquitetura, assim, utilizando por meio de visitas para levantamentos técnicos necessários para a elaboração do estudo e utilizando-se de materiais encontrados pela CEDAE que disponibilizou algumas informações carta de redes de drenagem que atendem a

localização do projeto selecionado pra estudo nesse trabalho.

Caracterização do sistema de drenagem

O sistema de drenagem de águas pluviais de Nilópolis – Rio de Janeiro onde está localizado o cenário estudado compõe-se num sistema de galerias com diâmetro mínimo de 400 mm que descarregam em galerias principais com diâmetros superiores de 600 mm. O sistema de drenagem das águas pluviais é combinado por:

- Guia ou meio-fio: faixas contínuas que separam os passeios das vias públicas;
- Sarjeta: propostas a recolher e conduzir as águas geradas a partir do escoamento superficial para as bocas de lobo.
- Bocas-de-lobo ou bueiros: Consiste na infraestrutura com aberturas, que no sistema de drenagem resumem-se a coleta de águas de escoamento transportadas pelas sarjetas;
- Galerias: responde pelo transporte das águas captadas pelas bocaslobo até seu destino final;
- Caixas de passagem: pontos de manutenção entre trechos de galerias;
- Poço de visita: são poços situados em lugares estabelecidos, responsáveis pela inspeção e manutenção do sistema de drenagem. (BRAGA, 2018)

Etapas do dimensionamento

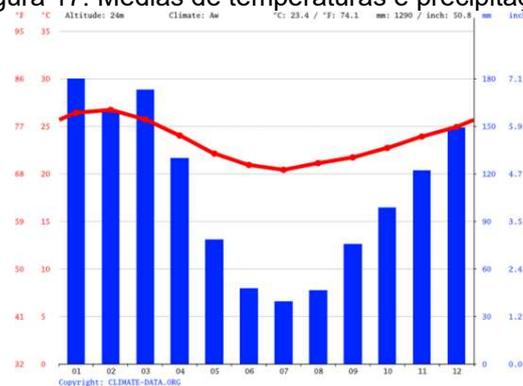
As etapas de dimensionamento seguiram o seguinte cronograma:

1. Levantamento da área total do terreno e dividi-la em relação impermeabilização do lote.
2. Intensidade da chuva em [mm/h].
3. Vazão Pluvial Máxima do Empreendimento
4. Volume do reservatório
5. Vazão de Pré-Desenvolvimento (BRAGA, 2018)

Variação de Temperatura anual e Precipitação

Segundo o site climate-data.org, Nilópolis está em 24m acima do nível do mar e apresenta um clima tropical. Há muito mais pluviosidade no verão que no inverno. Nilópolis tem uma temperatura média de 23.4 °C. 1290 mm é o valor da pluviosidade média anual.

Figura 17: Médias de temperaturas e precipitações



Fonte: Climate data (2020)

Levantamento de Áreas

Para se iniciar o dimensionamento do reservatório de retenção de águas pluviais a partir de condicionantes da resolução da CEDAE, foram levantadas as áreas totais do local, utilizando mapas e com o uso do software AUTOCAD uma plataforma de desenho técnico, feito uso da versão estudante gratuita, e classificando as áreas impermeabilizadas da edificação a partir do coeficiente de runoff ou coeficiente de deflúvio presente na tabela-1.

A vazão pluvial afluyente ao reservatório de retardo será a proveniente da chuva precipitada nas áreas descobertas e rampa de acesso, captadas pelo sistema de drenagem municipal (BRAGA, 2018).

Projeto do “Piscinão”

Levando em conta a importância do controle do escoamento das águas pluviais, devido a prejuízos à saúde humana e perda de bens ocasionados por enchentes, esse trabalho buscou fazer o estudo e dimensionamento de um reservatório de retenção de águas de precipitações, de uma praça da região central de Nilópolis. Todo o dimensionamento foi de acordo com a Companhia Estadual de águas e esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE).

Usando o método de Azevedo Neto para construção de uma bacia de retenção no cenário escolhido o volume do reservatório deverá ser de 51.319 litros conforme equação abaixo:

$$V_{an} = 0,0042 \times P_a \times A \times T$$

Onde:

V_{an} = volume do reservatório (litros);

P_a = precipitação pluviométrica anual média (mm/ano = litros/m² por ano); A = área de captação (m²);

T = número de meses de pouca chuva ou seca (adimensional).

$$V_{an} = 0,0042 \times 1290 \times 1184 \times 8$$

$$V_{an} = 51.319 \text{ litros}$$

Vazão Pluvial Máxima do Empreendimento

Considerando uma chuva precipitada na área do empreendimento, com recorrência de 10 anos, resulta pelo Método Racional (Eq. 01) uma vazão pluvial máxima a ser escoada da edificação (Q em l/s) é calculada conforme abaixo: Descrição Tipo Área Total (m²) Coeficiente C Intensidade Precipitação (mm/h) Vazão Máxima (l/s) Laje / Cobertura Impermeável 1152,120 0,9 196,440 56,581 Piso externo / Térreo Impermeável 23,300 0,9 196,440 1,144

Rampa conc. / Térreo Impermeável 24,580 0,9 196,440 1,207 Total 1200,000 0,9 196,440 58,932 Tabela 2 – Cálculo de Vazão Máxima e Indicação dos Coeficientes de Escoamento Adotados Vazão pluvial máxima total = 58,932 l/s ou 212,1552 m³/h 5.3. Vazão de Pré-Desenvolvimento Para o caso em análise usando a (Eq.04), calcula-se que a vazão máxima para ser lançada aos corpos hídricos do distrito federal é de: $Q = 24,4 \text{ L s}^{-1} * 0,120 \text{ ha} = 2,928 \text{ l/s} = 10,54 \text{ m}^3 / \text{h}$ Pelo fato da vazão pluvial máxima do empreendimento, que irá escoar para a rede pluvial pública (58,932 l/s – vide tabela 2), ser superior a máxima permitida para lançamento em rede (2,928 l/s) conforme demonstrado em cálculo acima deste trabalho, será necessária a implantação de um sistema para promover a retenção do deflúvio.25 5.4. Volume do reservatório de

detenção (Eq.03) $V = 4,705 * Ai * A$ (Ai) é o percentual de área impermeável, calculada pelo somatório das áreas impermeáveis com reduções (vide fatores e coeficientes adotados na tabela-1) divididos por (A) Área Total de Contribuição.

Resultados:

I = intensidade da chuva em [mm/h]. $I = 21,7 \cdot 100,16 (5+11) 0,815 = 3,274 \text{ mm min}$
 $\text{min} = 196,44 \text{ mm/h}$ (Eq.02) Tempo de recorrência do evento chuvoso (10 anos) e $t=5$ minutos, chegando a um valor de $I = 3,274 \text{ mm/min} = 196,44 \text{ mm/h}$

Vazão Pluvial Máxima do Empreendimento

Considerando uma chuva precipitada na área do empreendimento, com recorrência de 10 anos, resulta pelo Método Racional (Eq. 01) uma vazão pluvial máxima a ser escoada da edificação (Q em l/s) é calculada conforme abaixo:

Tabela 2: Cálculo de Vazão Máxima e Indicação dos Coeficientes de Escoamento Adotados - Vazão pluvial máximo total = 58,932 l/s ou 212,1552 m³/h

Descrição	Tipo	Área Total (m²)	Coefficiente C	Intensidade Precipitação (mm/h)	Vazão Máxima (l/s)
Laje / Cobertura	Impermeável	1152,120	0,9	196,440	56,581
Piso externo / Térreo	Impermeável	23,300	0,9	196,440	1,144
Rampa conc. / Térreo	Impermeável	24,580	0,9	196,440	1,207
Total		1200,000	0,9	196,440	58,932

Fonte: BRAGA, 2018

Vazão de Pré-Desenvolvimento Para o caso em análise usando a (Eq.04), calcula-se que a vazão máxima para ser lançada aos corpos hídricos do distrito federal é de:

$$Q = 24,4 \text{ L s} * 0,120 \text{ ha} = 2,928 \text{ l/s} = 10,54 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Pelo fato da vazão pluvial máxima do empreendimento, que irá escoar para a rede pluvial pública (58,932 l/s – vide tabela 2), ser superior a máxima permitida para lançamento em rede (2,928 l/s) conforme demonstrado em cálculo acima deste trabalho, será necessária a implantação de um sistema para promover a detenção do deflúvio

Volume do reservatório de detenção (Eq.03)

$$V = 4,705 * Ai * A$$

(Ai) é o percentual de área impermeável, calculada pelo somatório das áreas impermeáveis com reduções (vide fatores e coeficientes adotados na tabela-1) divididos por (A) Área Total de Contribuição

Tabela 3: Cálculo Áreas Impermeáveis e apresentação de fatores de redução e coeficientes de escoamento adotados.

ÁREAS DIVIDIDAS				
DESCRIÇÃO	ÁREA (m²)	ÁREA COMPUTADA	COEFICIENTE (C)	ÁREA IMPERMEÁVEL (m²)
Laje / Cobertura	1152,120	1152,12	0,90	1036,91
Piso externo / Térreo	23,300	23,30	0,90	20,97
Rampa concreto / Térreo	24,580	24,58	0,90	22,12
SOMA				1.080,00 m²

Fonte: BRAGA, 2018

Assim, calcula-se o percentual de área impermeável, conforme abaixo:

$$A_i = ((1152,12) \cdot 0,90) + ((23,30) \cdot 0,90) + ((24,58) \cdot 0,90) \quad (1152,12 + 23,3 + 24,58)$$

$$A_i = 1080,1200 = 90\%$$

Resulta para o reservatório o volume de: $V = 4,705 \cdot 90 \cdot 0,120 \text{ ha} = 50,81 \text{ m}^3$

Tabela 4: Cálculo do volume do reservatório

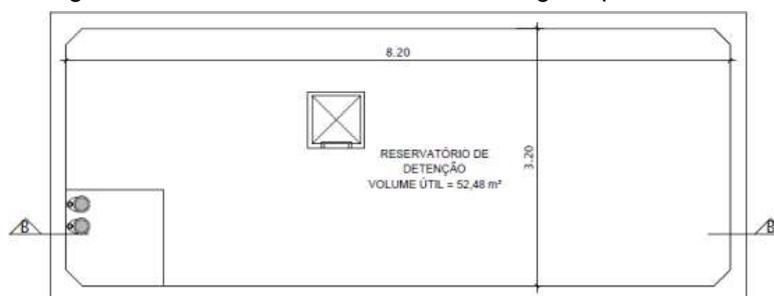
RESULTADOS	
ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (m ²) (Ac)	1200,00
ÁREA IMPERMEÁVEL (m ²)	1080,00
PERCENTUAL DE ÁREA IMPERMEÁVEL (Ai)	90,00%
VOLUME (M ³) (Vqa)	50,81

Fonte: BRAGA, 2018

Dimensões do Reservatório de águas pluviais

Sendo adotado um reservatório com as seguintes dimensões 3,20x8,20x2,00 (Largura x Comprimento x altura útil). Para facilitar na execução, o volume do reservatório foi arredondado para 52,48m³.

Figura 18: Planta baixa: reservatório de águas pluviais



Fonte: BRAGA, 2018

Figura 19: Corte BB: reservatório de águas pluviais



Fonte: BRAGA, 2018

Localção do Reservatório

O reservatório pluvial de retardo será localizado enterrado no piso da Praça Paulo de Frontin na área de circulação de pedestres.

De acordo com os resultados da pesquisa apresentados neste estudo de cenário,

parece que para suprimir as chuvas abundantes, atrasar o esvaziamento do reservatório pela supressão da mesma exigiria uma área interna útil de 26,24 metros quadrados e uma tubulação de admissão de 2,00m de altura. sob o reservatório. O tamanho é: 3,20x8,20x2,0m (largura x comprimento x altura útil), e a área total calculada é de 52,48m³. Portanto, o esvaziamento começará no ralo, sendo necessária uma bomba centrífuga para prensar a água, pois o desnível de 8,92 não favorece o escoamento por gravidade

Esvaziamento do reservatório

Conheça a vazão máxima que pode ser liberada para o dreno, ou seja 2,928 L / s, utilizando bomba centrífuga, com vazão de 10,54 m³ / h (2.928 L / s) O tempo de esvaziamento é de aproximadamente 5 horas.

O tubo de descarga do tanque será direcionado para descarregar em uma caixa. A passagem localizada na calçada, daí para o ramal conectado à rede de água da chuva.

Esquema Vertical

Para explicar como funciona a captação das águas pluviais do empreendimento, e como as mesmas são direcionadas ao reservatório, foi necessário a criação de um Esquema Vertical que facilita a visão geral da instalação hidráulica.

Figura 20: Esquema vertical



Fonte: BRAGA, 2018

A partir dos cálculos, verificou-se que, a rede de 600 mm presente na Praça Paulo de Frontin que atenderá o cenário em estudo nesse trabalho, sem a implantação do reservatório de retardo, receberia uma vazão derivada do escoamento das águas pluviais geradas a partir da impermeabilização do terreno de 212,1552 m³/h. Com a implantação do reservatório de retardo com o intuito de reduzir a vazão destinada a rede de drenagem a vazão passou a ser de 10,54 m³/h. observando esses dados chegamos a conclusão que, sem a presença de um reservatório essa edificação enviaria uma vazão cerca de 20 vezes maior a rede de drenagem urbana. Nota-se uma redução muito significativa, que obviamente contribuirá para evitar que o sistema de drenagem publica sobrecarregue e cause inundações.

CONCLUSÃO

Englobando todas as dificuldades encontradas é possível concluir que este projeto apresentado é de grande relevância para a população do município mencionado, pois, apresenta uma estratégia para a cidade com sugestão técnica para a diminuição de

grandes problemas enfrentados constantemente na parte de drenagem urbana que acarretam uma série de outras adversidades com a poluição dos rios e afluentes da área, saúde municipal e na qualidade de vida como um todo.

Como proposta, recomenda-se que a Prefeitura de Nilópolis desenvolva estratégias baseadas na técnica de drenagem urbana apresentada e coloque as ideias como pauta no Plano Diretor Municipal.

Outro fator de muita importância e relevância é a conscientização ambiental da população. É essencial que as pessoas entendam como é importante o descarte correto do lixo, evitando lixo, entulhos e destroços na beira dos rios. Esse péssimo hábito tem um grande impacto negativo no meio ambiente. É mais do que necessário que a cidade tome imediatamente medidas preventivas para conter o problema.

Mais um ponto a ser melhorado é atribuir importância aos profissionais técnicos envolvidos. Para que haja cooperação nas diferentes áreas do Município englobando o assunto. Tanto engenheiros, quanto os profissionais da educação e da saúde, por exemplo, um trabalho multidisciplinar traria grandes resultados. Também é imprescindível estabelecer vínculos entre a população e o governo, para que sejam levadas em consideração ambas as partes, conhecendo as dificuldades apresentadas pela população, realizando pesquisas e com isso melhorando o Plano diretor da Cidade de Nilópolis.

Como sugestões para trabalhos futuros: Desenvolver um estudo em relação ao aproveitamento das águas pluviais, a relação de custo-benefício da instalação de um reservatório destinado a aproveitamento dessas águas e cotar todo o valor do projeto com valores atuais para se ter um escopo mais completo de proposta e projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, T.G. Tratamento de Esgoto no Município de Nilópolis: Uma Visão Geral das suas Deficiências e Limitações. Acesso em: 8 Nov. 2020.

AMARAL, R; RIBEIRO, R.R. 2009. Enchentes e Inundações. In: Desastres Naturais, conhecer para prevenir. Tominaga, L.K; Santoro, J; Amaral, R. (Organizadores). Instituto Geológico, São Paulo. p. 40-53

Araujo, A.C.R, Santos C.S, Gonçalves, J.R.M.R. Análise da drenagem urbana com ênfase na redução de riscos de enchentes. Rev. Augustus, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://revistas.unisuam.edu.br/index.php/revistaaugustus/article/view/338/213>. Acesso em: 20 Nov. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16747:2020 Inspeção Predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro, 2020

ATLAS. Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água - Agência Nacional de Águas (ANA), 2010. Dados sobre sistemas de abastecimento de água das sedes municipais. Disponível em: < <http://atlas.ana.gov.br/atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=7> > Acessado em: 8 Nov. 2020.

Batezini, R. Estudo preliminar de concretos permeáveis como revestimento de pavimentos para áreas de veículos leves. 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-19072013-155819/publico/Dissertacao_Rafael_Batezin.pdf

BENINI, Rubens de Miranda ; MENDIONDO, Eduardo Mario. Urbanização e Impactos no Ciclo Hidrológico na Bacia do Mineirinho. Floresta e Ambiente, v. 22, n. 2, p. 211–222, 2015. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/floram/a/Z6Tf4Krs6qgnSrTp4ZXY3Vx/?lang=pt>>.

BRAGA, W.M.S. Dimensionamento do Reservatório de Detenção de Águas Pluviais da Edificação do Tribunal Regional do Trabalho em Taguatinga-DF, 2018. Disponível em:<<https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/prefix/14015/1/21708798.pdf>>.

BRASIL, Lei 4393 de 16 de Setembro de 2004. Palácio do Planalto, Brasília, 2004

BRASIL. Decreto 23.940 de 30 de Janeiro de 2004. Palácio do Planalto, Brasília, 2004.

BRASIL. Lei 10.406 de 10 de Janeiro de 2002, Palácio do Planalto, Brasília. 2002.

BRASIL. Lei 12.576 de 2011. Palácio do Planalto, Brasília, 2011.

BRASIL. Lei 13.276 de 05 de Janeiro de 2002. Palácio do Planalto, Brasília, 2002.

BRASIL. Lei 14.026 de 15 de Julho de 2020. Palácio do Planalto, Brasília, 2020.

BRASIL. Lei 2630 de 2009. Palácio do Planalto, Brasília, 2009

BRASIL. Lei 4092 de 10 de Julho de 2001. Palácio do Planalto, Brasília, 2001

BRASIL. Lei 8987 de 13 de Fevereiro de 1995. Palácio do Planalto, Brasília, 1995.

Brito J.C.M, Araujo, N.B.D, Avaliação Técnica de Planos Municipais de Saneamento Básico da Baixada Fluminense: Um Estudo de Caso para Dois Municípios. 2017. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10021403.pdf>

Canholi, A.P. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes, Editora Oficina de Textos, São Paulo, 2005. Acesso em: 8 Nov. 2020.

CARNEIRO, Paulo Roberto Ferreira; CARDOSO, Adauto Lucio; ZAMPRONIO, Gustavo, Bezerra; et al. A gestão integrada de recursos hídricos e do uso do solo em bacias urbano-metropolitanas: o controle de inundações na bacia dos rios Iguaçu/Sarapuí, na Baixada Fluminense. Ambiente & Sociedade, v. 13, n. 1, p. 29–49, 2010. Disponível em:<https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2010000100003&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 8 Nov. 2020.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. Manual de desastres: desastres naturais. Brasília (DF): Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p.

COELHO NETTO, A.L. (1995) Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. (orgs). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2.ed

COELHO, F.G, PAGE, R.M, HORA, M.A.G.M. Uso de reservatórios de águas pluviais residenciais como auxílio na drenagem urbana. HYDRO, 2016. Disponível em: https://www.arandanet.com.br/revista/hydro/materia/2016/11/27_uso_de_reservatorios.html. Acesso em 13 Nov. 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB,

Drenagem Urbana – Manual de Projeto.3 ed. Edição, São Paulo, Cetesb, 1986.

CORREIO DO SUL. (23 de 03 de 2020). Chuva na grande SP causa Enchentes, derruba árvores e muros e inunda shopping. Fonte: CORREIO DO SUL: <http://correiodosul.com/brasil/chuva-na-grande-sp-causa-enchentes-derruba-muros-e-inunda-shopping/>

Dias LE, Griffith JJ. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: Dias LE, Mello JWU, editores. Recuperação de áreas degradadas. Viçosa: UFV; 1998. p. 1-7.em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/cieng/article/view/657/595>>. Acesso em: 8 Nov. 2020.

Fritzen, A. Binda, A. L. ALTERAÇÕES NO CICLO HIDROLÓGICO EM ÁREAS

URBANAS: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. Revistas.ufg.br. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/atelie/article/view/16703/10155>>.

G1. (01 de 02 de 2021). Chuva alaga vias do Centro comercial de Macapá e causa prejuízos a lojistas e moradores. Fonte:G1: <https://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2021/02/01/chuva-alaga-vias-do-centro-comercial-de-macapa-e-causa-prejuizos-a-lojistas-e-moradores.ghtml>

Haughton G, Hunter C. Sustainable cities. London: Jessica Kingsley Publishers and Regional Studies Association; 1994. 357 p. Regional Policies and Development Series n. 7.

HOLCMAN, N.M.; LATORRE, M.R.D.O.; SANTOS, J.L.F. Evolução da mortalidade infantil na região metropolitana de São Paulo, 1980-2000. Revista Saúde Pública, São Paulo, V. 38, n. 2, p. 180-186, 2004.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Licenciamento/RecursosHidricos/FaixaMarginaldeProtecaoFMP/index.htm&lang>. Acessado em 20 set.2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p.

MUNDO EDUCAÇÃO. (01 de 02 de 2020). Bacia Hidrográfica. MUNDO EDUCAÇÃO: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/bacia-hidrografica.htm>

MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO :Drenagem de águas pluviais urbanas. Disponível em: https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/5302963/4152314/PMSB_DRENAGEMEMANEJODEAGUASPLUVIAIS.pdf. Acesso em: 8 Nov. 2020.

MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. Estudos técnicos e planejamento regionalizado metropolitano do abastecimento de água e esgotamento sanitário municípios da região metropolitana do rio de janeiro atualmente atendidos pela cedae. Disponível em: http://www.rj.gov.br/consultapublica/documentos/Grupo_4_Plano_Metropolitano_de_Saneamento/Plano_Metropolitano_RMRJ.pdf. Acesso em: 8 Nov 2020

Nakamura, Juliana. Piscinões são alternativa eficaz para controle de enchentes urbanas. AECWEB. Disponível em:

<https://revistas.unisuam.edu.br/index.php/revistaaugustus/article/view/338/213>. Acesso em: 20 Nov. 2020.

Nascimento, E.A, Quelhas O,L,G, Fonseca,P.L. QUALIDADE DO MEIO AMBIENTE URBANO: MEDIDAS PARA O CONTROLE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, BRASIL, 2007. Disponível

NILÓPOLIS (Município). Plano Diretor do Município de Nilópolis. Disponível em: < http://https://www.nilopolisrj.com.br/plano_diretor_nilopolis.pdf> Acessado em: 8 Nov. 2020.

NILOPOLIS ONLINE. (01 de 03 de 2020). Moradores De Nilópolis Voltam A Sofrer Com Alagamentos. Fonte:NILOPOLIS ONLINE: <https://nilopolisonline.com.br/2020/03/01/moradores-de-nilopolis-voltam-a-sofrer-com-alagamentos/>

NORDESTE NOTÍCIAS. (02 de 03 de 2021). Maré alta provocou lâmina d'água em alguns pontos de Aracaju. NORDESTE NOTÍCIAS: <https://www.nenoticias.com.br/mare-alta-provocou-lamina-dagua-em-alguns-pontos-de-aracaju/>

ONU (2000). Declaração do milênio. New York, NY, USA: United Nations. Disponível em:

<http://www.pnud.org.br/Docs/declaracao_do_milenio.pdf>.

Orzenn, H.M.M Estudo do Sistema de Drenagem Urbana Localizado no Cruzamento da Rua Araruana com a Av. Perimetral Tancredo de Almeida Neves. 2016. Disponível em: <estudosistemadrenagemurbana.pdf>

Polastre, B., Santos, L.D. Concreto permeável. USP. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2006. Disponível em: <https://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0221/Trabalhos%20Finais%202006/Concreto%20permeavel.pdf>. Acesso em: 8 Nov. 2020

POMPÊO, A.C . Drenagem urbana sustentável. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH) – Volume 5 n.1 Jan/Mar 2000, 15-23p. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental -Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

POMPÊO, Cesar. RBRH -Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume, DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL, 2000. Disponível em:

<http://abrh.s3.amazonaws.com/Sumarios/46/c6be0bdb36e71f441b574b6a63d5a75a_2d24ccc39dcc0666232d4d538fcef31f.pdf>.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NILÓPOLIS, Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo. 2013. Disponível em: [https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca_antiga/Planos%20municipais%20de%20saneamento%20b%20C3%A1sico%20\(2014\).pdf](https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca_antiga/Planos%20municipais%20de%20saneamento%20b%20C3%A1sico%20(2014).pdf)

RIGHETTO, Antônio. Manejo de águas pluviais urbanas. [s.l.]: , [s.d.]. Disponível em:

<https://www.pseau.org/outils/ouvrages/prosab_manejo_de_aguas_pluviais_urbanas_2009.pdf>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2021.

Rosa, A, Feldon A, Mukai G, Damião M, Uechi M. Lei das Piscininhas. USP, São Paulo, 2010.

SANTOS, Andre. Lixo Jogado pela população no rio Sarapuí provoca enchentes e alagamentos em Nilópolis. Nilópolis Online, 2020. Disponível em: <https://nilopolisonline.com.br/2020/03/01/lixo-jogado-pela-populacao-no-rio-sarapui-provoca-enchentes-e-alagamentos-em-nilopolis/>. Acesso em: 13 Nov. 2020

TUCCI, C., E., M. Modelos hidrológicos. Porto Alegre, RS: UFRGS/Associação Brasileira de recursos hídricos, 1998.

TUCCI, C. E. M et al. Hidrologia: ciência e aplicação. Editora da Universidade UFRGS, Porto Alegre, 1993.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana - Revista Brasileira de Recursos Hídricos- RBRH- Volume 7 n.1 Jan/Mar 2002, 5-27. Disponível em: <<http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/01/GEREN02.pdf>>. Acesso em: 8 Nov. 2020.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia Ciência e Aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade(UFRGS), 2001.

TUCCI, C. E. M.; Clarke, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento, editora UFRGS, Rio Grande do Sul, 1997.

TUCCI, C.E.M. (2002) Gerenciamento da Drenagem Urbana. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V.7 n.1. Jan/Mar. 5-27.

TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mario T. (Org.). Drenagem urbana. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS; ABRH, 1995. 428 p.

TUSSI, Carlos. Drenagem urbana. Ciência e Cultura, v. 55, n. 4, p. 36–37, 2003. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252003000400020&script=sci_arttext&tlng=pt>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2021.

UFG – Escola de Engenharia Civil. Drenagem Urbana Sustentável no Brasil. 2003 Disponível em: [drenagem_urbana_no_brasil-workshop_relatorio081003.pdf](#). Acesso em: 13 Nov. 2020.

Von Sperling, M. "Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos", Volume 1, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 1996.