

SOLUÇÃO COMPENSATÓRIA PARA PROBLEMAS DE ALAGAMENTO NO MUNICÍPIO DE ENGENHEIRO COELHO / SP

FAVERI, Caique¹

Faculdades Integradas Maria Imaculada
fffaveri@outlook.com

NEGRO, Ana Claudia²

Faculdades Integradas Maria Imaculada
anaclaudia.nec@hotmail.com

LEME, Mariane Alves de Godoy³

Faculdades Integradas Maria Imaculada
professora.mariane@hotmail.com.br

RESUMO

A intensa urbanização acarretou problemas agressivos ao meio ambiente, danos socioambientais e riscos à saúde. Desta forma, o Plano Diretor tornou-se um instrumento indispensável para a execução e alinhamento de projetos de saneamento básico nos municípios, principalmente na área da drenagem urbana, visto que o escoamento pluvial, quando não gerenciado, pode produzir inundações e impactos adversos nas áreas urbanas. Para a solução dos problemas de cheias, o dimensionamento e desenvolvimento de medidas estruturais, como o reservatório de retenção é uma forma viável de retardar o escoamento superficial e diminuir o risco de inundação nas cidades. Logo, neste trabalho foi realizado um estudo de caso e discutida a problemática enfrentada por enchentes causadas após intensas precipitações no município de Engenheiro Coelho, SP, o que gera uma elevação temporária do nível da água do Lago Municipal e acarreta o transbordamento do canal de drenagem. Assim, foi proposta solução de engenharia estrutural que contribui para o preparo da cidade frente à problemática e deficiência de drenagem urbana. Os resultados determinados nas planilhas de cálculos e dimensionamento resultaram em um reservatório de retenção com capacidade d'água até 140.389 litros, levando em consideração a análise do custo favorável para implantação e manutenção.

¹ Bacharelado em Engenharia Civil (FIMI)

² Bacharelado em Engenharia Civil (FIMI)

³ Graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental, pela Faculdade de Tecnologia da Universidade Estadual de Campinas, FT/UNICAMP, estabelecida no Campus I, em Limeira. E possui Mestrado em Engenharia Civil, na Área de Concentração: Saneamento e Ambiente, pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Estadual de Campinas, FEC/UNICAMP, estabelecida no Campus de Campinas. Possui publicações científicas nacionais e internacionais, Participação em Congressos e Seminários.

Conclui-se também que é relevante neste tipo de obra de drenagem, além de considerar os aspectos construtivos e físicos, atender também à disponibilidade de espaço para execução dos dispositivos e o uso concomitante como espaço de lazer da sociedade.

Palavras-chave: Drenagem. Plano Diretor. Enchentes. Reservatório de Detenção. Otimização.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Urbanização e Plano Diretor de Drenagem

Nas décadas de 70 e 80, o Brasil intensificou sua urbanização, o que acarretou muitas mudanças positivas e negativas na sociedade. Com o aumento da urbanização e industrialização, houve um enriquecimento na economia e uma integração social, no entanto o mau planejamento e controle dos centros urbanos geraram e têm ainda gerado atualmente, problemas agressivos ao meio ambiente, além de danos socioambientais e riscos a saúde da população silvestre e humana (CANO, 1989).

Motivado pelo crescimento desordenado dos municípios brasileiros, surge então uma nova proposta para tentar controlar a demanda e melhorar o planejamento estrutural dos centros urbanos, denominado por “Plano de Ação” ou “Plano Diretor” (SABOYA, 2007).

O Plano Diretor seria um plano que, a partir de um diagnóstico científico da realidade física, social, econômica, política e administrativa da cidade, do município e de sua região, apresentaria um conjunto de propostas para o futuro desenvolvimento socioeconômico e futura organização espacial dos usos do solo urbano, das redes de infra-estrutura e de elementos fundamentais da estrutura urbana, para a cidade e para o município, propostas estas definidas para curto, médio e longo prazos, e aprovadas por lei municipal (VILLAÇA, 1999, p. 238).

Dentre todas as vertentes a que são direcionadas o Plano Diretor, ele tornou-se um instrumento indispensável para a execução e alinhamento de projetos de saneamento básico nos municípios, a fim de garantir melhorias quanto a saúde e bem-estar da comunidade e conservar um meio ambiente físico mais saudável (SABOYA, 2007). No Brasil, de acordo com o Estatuto da Cidade, municípios considerados pequenos em relação a sua população, não são obrigados a desenvolver o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU), instrumento que rege todo desenvolvimento e planejamento da cidade. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), o número de habitantes de um município interfere diretamente na implantação e execução do Plano Diretor.

De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), nota-se que mais de 50% das cidades do Brasil com até 20 mil municípios não possuem o Plano Diretor. E ainda, de acordo com o aumento da população do município, percebe-se que a implantação do Plano Diretor se faz mais presente e o índice reduz para 15% referente às cidades que não implantam o plano. Além de que todas as cidades que possuem mais de 500.000 habitantes, têm 100% de implantação do Plano Diretor.

Para Nascimento e Silvério (2004), um planejamento eficaz, dentro de um PDDU, pode contribuir para a valorização, proteção e gestão equilibrada dos recursos naturais, além de melhorar a eficiência dos serviços e a qualidade de vida e saúde da população. No entanto, a verdadeira realidade dos municípios demonstra diversas dificuldades para gestão e planejamento territorial. E um dos campos mais afetado com o aumento da urbanização sem planejamento são os sistemas de drenagem de água pluvial, nos quais nota-se a ineficiência imediata após grandes precipitações (FUNASA, 2006).

Segundo a Fundação Estadual de Meio Ambiente (2006) e Pereira Neto. et al (2019), o sistema de drenagem compreende o conjunto de infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais, sendo estes sistemas preventivos de inundações, principalmente nas áreas mais baixas das comunidades sujeitas a alagamentos ou marginais aos cursos d'água.

De acordo com Sheaffer e Wright (1982), planejar ou gerenciar sistemas de drenagem urbana envolve administrar um problema de alocação de espaço, isto é, devido ao aumento da urbanização, notoriamente têm-se mais áreas impermeáveis e menos infiltrações, o que provoca a redução da capacidade de armazenamento natural dos deflúvios (escoamento superficial) e com isso, há a necessidade de realocar o armazenamento da água. Para Brito (2006), a população urbana tem crescido em ritmo muito acelerado e esse crescimento foi responsável por significativos impactos ambientais, como as alterações no ciclo hidrológico e no destino das águas pluviais em meios urbanos.

Segundo Tucci (2002) e Pereira Neto. et al (2019), o escoamento pluvial, quando não gerenciado, pode produzir inundações e impactos nas áreas urbanas devido a dois processos, os quais ocorrem isoladamente ou de forma integrada:

Inundações de áreas ribeirinhas: os rios geralmente possuem dois leitos, o leito menor onde a água escoar na maioria do tempo e o leito maior, que é inundado em média a cada 2 anos. O impacto devido a inundação ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita a inundação (TUCCI, 2002; PEREIRA NETO. et al, 2019).

Inundações devido à urbanização: as enchentes aumentam a sua frequência e magnitude devido a ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. O desenvolvimento urbano pode, também, produzir obstruções ao escoamento como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento (TUCCI, 2002; PEREIRA NETO. et al, 2019).

1.2 Medidas para controle de inundações

Devido à problemática das inundações, se fazem necessárias medidas para contenção das águas da chuva, sendo que a medida mais utilizada é a implantação de um sistema de drenagem no qual todo escoamento superficial é encaminhado pelos elementos que o compõe até uma destinação final adequada (TUCCI, 2002; PEREIRA Neto. et al, 2019). De acordo com Baptista, Nascimento e Barraud (2015), o modelo mais antigo para evitar os problemas com as águas de chuva nas cidades é o chamado método clássico ou tradicional de drenagem urbana, consistindo em usar galerias e canais pluviais para transportar a água da chuva para longe da cidade, o mais rápido possível.

De acordo com Tucci (2002), conforme aumenta a quantidade de construções e pessoas nas cidades, tem-se um aumento significativo das áreas impermeáveis e com isso, aumenta-se também a contribuição pluvial, fazendo necessário o aumento das seções dos canais de água pluvial. Para Souza (2002), o método tradicional é limitado, visto que conforme o sistema de drenagem apresenta complexidade, isso faz com que os custos sejam onerosos para a sociedade brasileira que, na maior parte, é carente. Para resolver problemas de drenagem de água há a necessidade de repensar possíveis soluções que levem em conta o aspecto natural do município antes mesmo da ocupação (GAGLIARDO, 2017). Uma dessas alternativas são os conceitos de técnicas compensatórias, as quais simulam o terreno natural sem a intervenção humana (BRITO, 2006).

As técnicas compensatórias têm como objetivo principal conter a água da chuva e, em meados dos anos 70, no continente Europeu e América do Norte, essas técnicas trouxeram um novo conceito para a drenagem urbana, aperfeiçoando a retenção de água da chuva e a infiltração, gerando benefícios para a qualidade ambiental nas cidades. As técnicas não convencionais mais conhecidas hoje em dia, são: vala de infiltração e trincheiras de infiltração, pavimentos permeáveis, planos de infiltração, bacias de retenção, telhado verde e reservatórios de detenção (BAPTISTA. 2011).

Segundo Nakazone (2005), deve-se buscar alternativas que retardam o escoamento superficial da água, se assemelhando ao modelo hidrológico natural do local.

As alternativas de infiltração, retenção e retenção procuram favorecer os processos hidrológicos alterados durante a urbanização (infiltração, interceptação, amortecimento), objetivando a reconstrução das condições de pré-ocupação. Essas estruturas buscam compensar os efeitos da urbanização na fonte, ou seja, antes que a água atinja a rede de drenagem. (SOUZA 2002, p. 2).

Tucci (2009) classifica em dois tipos as medidas para controle de inundações: medidas não estruturais e medidas estruturais. Para retardar o escoamento superficial e diminuir o risco de inundação nas cidades há um modelo de dimensionamento usual, isto é, o dimensionamento de reservatório de retenção, o qual compreende uma medida estrutural.

1.2.1 Reservatórios de retenção

Os reservatórios de retenção realizam o processo de diminuição das inundações urbanas devido ao acúmulo de precipitações, sendo que a sua estrutura é projetada com a finalidade de mitigar ou aliviar fortes cheias, auxiliando na recuperação da qualidade das águas dos rios. (ABCP, 2013). Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2013), existem dois métodos de uso dos reservatórios, os que são a céu aberto e os reservatórios subterrâneos ou cobertos. Os reservatórios a céu aberto são empregados em ambientes que carecem de grandes volumes de água e consistem em captar as águas pluviais, as quais ficam armazenadas e em seguida são direcionadas para a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) para tratamento e possível reuso (ABCP, 2013).

Já os reservatórios subterrâneos, por sua vez, são empregados em locais que não possuem espaço para executar grandes áreas de contenção, desta forma utiliza-se este sistema quando se tem urbanização elevada. Esses reservatórios se firmam de forma com que as águas da chuva ao chegarem ao nível do pavimento, escoam pelo meio fio, até as bocas de coletas, conhecidas como boca de lobo, e são transportadas ao reservatório, armazenando-as e depois são guiadas para a rede de drenagem (ABCP, 2013).

Segundo Corsini (2011), a retenção e o armazenamento de um determinado volume de água são feitos através de um reservatório e estes são usados no controle de enchentes e alagamentos dos centros urbanos. Quando dimensionado a céu aberto, denominado popularmente por “piscinões”, a água armazenada pode ser tratada e reutilizada para fins não potáveis.

Os reservatórios podem ser dimensionados de várias formas e tamanhos, respeitando sempre as áreas delimitadas em projeto. O reservatório aberto (piscinão) é mais vantajoso em relação ao custo, pois permite uma profundidade menor e dispensa a utilização de bombas

para retirar a água acumulada. Sua evacuação é feita através da rede de drenagem do município utilizando os desníveis locais (CORSINI, 2011).

De acordo com Mittelstadt Júnior (2015), em muitas regiões que aplicaram os reservatórios a céu aberto, os problemas de alta vazão e alagamento foram rapidamente agastados pelo sistema de amortecimento eficaz adotado, fazendo com que a água fosse levada ao seu destino vagarosamente e, conseqüentemente, ganhando mais tempo para que os cursos d'água absorvam toda a carga pluvial.

Deste modo, as técnicas compensatórias ganham espaço frente às tradicionais redes de drenagem urbana, uma vez que tais técnicas ficam expostas a céu aberto, não estando mais submersas ou cobertas, além de ter por finalidade a redução do pico de escoamento de água pluvial. Ressalta-se que o emprego destas técnicas exige a execução de um projeto urbanístico e paisagístico. De acordo com profissionais de drenagem urbana, o maior desafio em sua execução é a aprovação humana quanto à alteração na paisagem em sua área de convívio (CANHOLI, 2005).

Logo, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo de caso e discutir a problemática enfrentada por enchentes causadas após intensas precipitações no município de Engenheiro Coelho, SP, o que gera uma elevação temporária do nível da água do Lago Municipal e acarreta o transbordamento do canal de drenagem. Assim, buscou-se demonstrar a importância em se realizar e implantar um plano diretor de qualidade nos municípios brasileiros, na área de drenagem urbana, sendo elucidado pelo dimensionamento de técnica compensatória de reservatório de retenção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

Engenheiro Coelho é uma cidade do interior do estado de São Paulo que pertence à Região Metropolitana de Campinas (RMC), fazendo divisa com os municípios de Conchal ao norte, Artur Nogueira ao sul, Mogi Mirim a leste, e Limeira e Araras a oeste, localizada a 170km de São Paulo, com uma população estimada em 2018 de 20.284 habitantes e área total de 109,941 km² (IBGE, 2018).

A área de estudo deste trabalho foi o Lago Municipal (Figura 1) localizado no Bairro Jardim Brasil, em Engenheiro Coelho, onde se obtém cruzamento da rua Jardim Minas Gerais

com as ruas Amadeu Jorge Teresanie Catarina Fraveto Caetano. Para o estudo, foram realizadas visitas técnicas ao Lago Municipal para medições e estudo da área disponível para implantação de possíveis medidas mitigatórias de drenagem. Não foram disponibilizados dados da rede de drenagem urbana municipal pela Prefeitura de Engenheiro Coelho, por motivos profissionais do município. O levantamento técnico dos problemas de drenagem do município de Engenheiro Coelho foi realizado durante as chuvas ocorridas no período de Março de 2019 a Novembro de 2019, embora esse período não represente os meses de chuvas mais intensas, ele contribuiu para o trabalho. A Figura 2 mostra os pontos de alagamentos causados nas áreas adjacentes ao lago após fortes precipitações, as imagens foram tiradas em Setembro de 2019.

Figura 1 - Imagem Aérea do Lago Municipal de Engenheiro Coelho - SP



Fonte: Prefeitura Municipal de Engenheiro Coelho, 2017.

Figura 2 - Problemas de drenagem do município de Engenheiro Coelho



Fonte: Autores, 2019.

2.1.1 Clima

O clima do município de Engenheiro Coelho é caracterizado por: no verão o clima é quente e temperado, com fortes chuvas; e no inverno, o clima é seco e com pouca quantidade de chuva. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da cidade de Engenheiro Coelho incluiu-se na classificação Cwa, isto é, regiões de clima subtropical úmido com invernos seco. A pluviosidade média anual é de 1.299 mm, sendo que o município possui uma estação pluviométrica com prefixo D4-107, a qual é detalhada na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados das Estações Pluviométricas do Município Engenheiro Coelho.

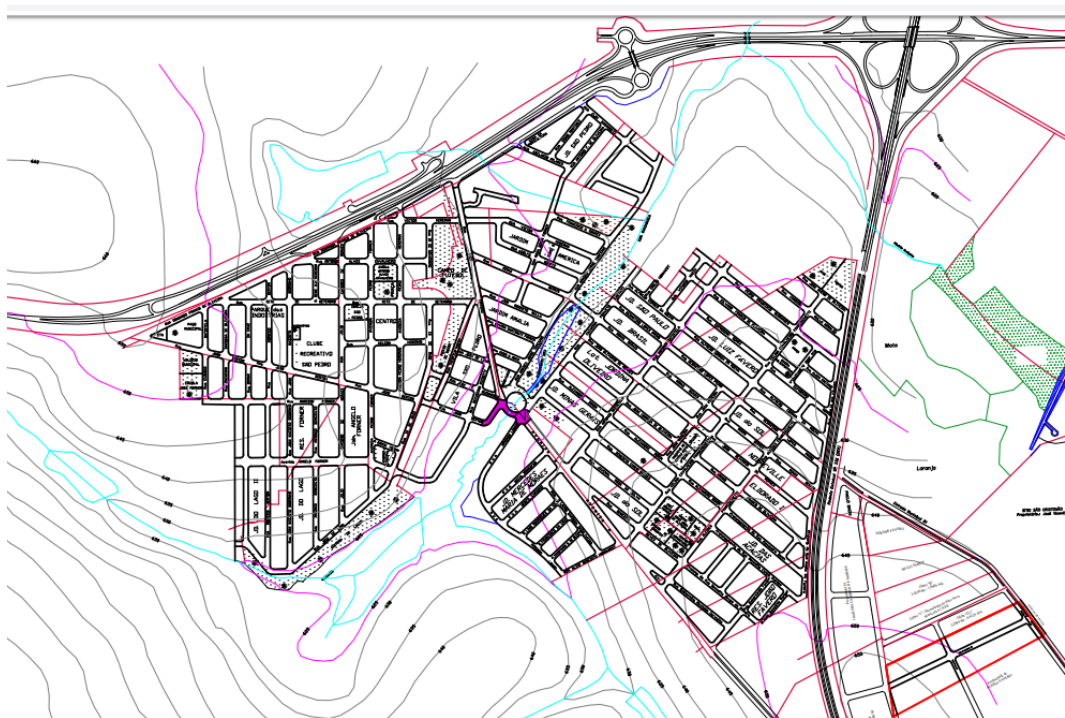
Município	Prefixo	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Bacia
Engenheiro Coelho	D4-107	660 m	22°29'	47°14'	Ferraz

Fonte: DAEE, 2013.

2.1.2 Topografia

A definição topográfica da área em estudo foi realizada segundo planta planialtimétrica em escala 1:1000, contendo as curvas de níveis e rede hidrográfica (Figura 3).

Figura 3 - Planta Planialtimétrica de Engenheiro Coelho/SP



Fonte: Prefeitura Municipal de Engenheiro Coelho, 2017.

FACULDADES MARIA IMACULADA

2.2 Determinação da vazão de pico

A determinação da vazão de pico seguiu os procedimentos e equações dos tópicos 2.2.1 e 2.2.2, a seguir.

2.2.1 Intensidade máxima média da precipitação

A intensidade da precipitação de projeto foi determinada pela equação IDF (Intensidade – Duração – Frequência) (Equação 1) obtida em software Plúvio© 2.1, programa computacional referente às chuvas intensas no Brasil.

$$I = \frac{KxT^a}{(t+b)^c} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

I = Intensidade máxima média de precipitação (mm/h);

T = Período de retorno (anos);

t = Duração da precipitação (minutos);

K, a, b, c = Coeficientes relativos à localidade, obtidos em software Plúvio© 2.1.

2.2.1.1 Tempo de retorno (T)

O tempo de retorno foi adotado segundo valores expostos por Tomaz (2002), o qual relaciona tipos de obras e potenciais danos de inundações com período de retorno, em anos (Tabela 2). O tempo de retorno relaciona à probabilidade de incidência de falhas aceitáveis na estrutura de drenagem.

Tabela 2 - Período de Retorno.

Tipo de obras	Potenciais danos de inundação	Frequência de inundação (período de retorno, em anos)
Coletor de águas pluviais em estradas	Impede o tráfego. Custos de atrasos nos veículos devido a inundação.	2 a 5 anos
Coletor urbano nas ruas	Impede acesso de emergência. Custos de contorno devido a inundação. Custos de atrasos nos veículos devido a inundação.	10 a 25 anos
Controle rural de inundação	Danos a estradas de rodagem. Danos às plantações.	25 a 50 anos
Controle urbano de inundação	Danos às propriedades. Danos à infraestrutura.	100 anos

Fonte: Tomaz, 2002.

2.2.1.2 Tempo de concentração (t)

A duração da precipitação ou tempo de concentração (t) refere-se ao tempo necessário para que uma gota d'água escoe do pico mais distante até o exutório da bacia, que é o ponto de análise. Isto é, tempo de concentração é o tempo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na secção de saída (TUCCI, 2007).

Para calcular o tempo de concentração em bacias menores que 0,5 km² e para terrenos com declividade de 3% a 10%, caso do local de estudo, utilizou-se a equação empírica de Kirpich (Equação 2):

$$tc = 57 x \left(\frac{L^2}{I_d} \right)^{0,385} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

t_c = Tempo de concentração (minutos);
 L = Extensão do curso d'água em metros (m);
 I_d = Declividade do curso d'água (m).

Sendo que a declividade é a principal responsável pela velocidade de escoamento de um canal., a declividade equivalente (ou média) foi determinada pelo quociente entre a diferença de suas cotas e sua extensão horizontal (Equação 3):

$$I_d = \frac{\Delta H}{L} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

I_d = Declividade do curso d'água (m/m);
 ΔH = Desnível altimétrico, ou seja, diferença entre as cotas topográficas do pico mais alto até o trecho da bacia (cota mais baixa) (m);
 L = Comprimento do trecho (m) .

2.2.1.3 Coeficientes (K, a, b, c)

Os coeficientes K, a, b, c foram adotados do Software Plúvio© 2.1 (Figura 4), no qual cada estado e município possuem um valor próprio.

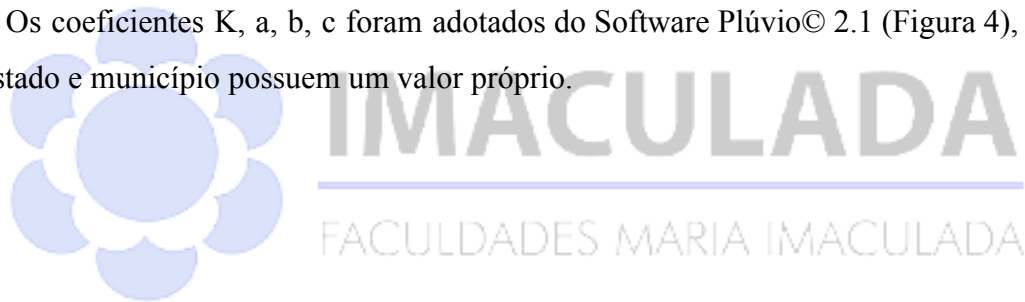


Figura 4 – Software Plúvio 2.1 (parâmetros para equação da chuva em Engenheiro Coelho)

Fonte: Plúvio2.1 Copyright, 2006.

2.2.2 Método Racional

A vazão de pico da bacia foi determinada pelo Método Racional, o qual estabelece uma relação entre a precipitação e o escoamento superficial (TOMAZ, 2002). Segundo Tucci (2002), o método racional é utilizado para estimar a vazão máxima de projeto (Equação 4).

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

Q = Vazão máxima (vazão de pico) (m³/s);

C = Coeficiente de escoamento superficial ;

I = Intensidade da precipitação (mm/h);

A = Área da bacia (ha).

2.2.2.1 Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial é a relação entre o volume de escoamento livre superficial e o volume precipitado. O valor do coeficiente de escoamento superficial foi obtido de valores propostos por Tomaz (2002) (Tabela 3), os quais variam em função da ocupação do solo na bacia de contribuição.

Tabela 3 - Valores de Coeficiente de escoamento superficial.

Ocupação do Solo	Valor de C
Edificação muito densa: partes centrais densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas.	0,70 a 0,95
Edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,60 a 0,70
Edificação com pouca superfície livre: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 a 0,60
Edificação com muitas superfícies livres: partes residenciais tipo cidade-jardim, ruas macadamizadas ou pavimentadas.	0,25 a 0,50
Subúrbios com alguma edificação: partes de arredores com pequena densidade de construções	0,10 a 0,25
Matas, parques e campos de esporte: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques e campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: “Adaptado de” Wilken, 1978 e Tomaz, 2002.

2.2.2.2 Área da bacia

Nesta etapa, foi avaliada a topografia, altimetria e planimetria do local de estudo, considerando corretamente as repartições de drenagem e analisando indispensavelmente todos os divisores de águas e declividades, com intuito de proporcionar critérios consistentes com a área adotada.

2.3 Dimensionamento preliminar do reservatório de detenção

2.3.1 Volume a ser detido

Após definir as vazões, seguiu-se o cálculo do volume a ser detido, utilizando a equação proposta em Tomaz (2013) (Equação 5).

$$V_s = 0,5 \times (Q_{pós} - Q_{pré}) \times t_b \times 60 \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

V_s = Volume necessário para deter enchentes (m^3);

$Q_{pós}$ = Vazão de pico no pós-desenvolvimento (m^3/s);

$Q_{pré}$ = Vazão de pico no pré-desenvolvimento (m^3/s);

$$\begin{aligned} t_b &= t_b = 2,0 \times t_c \\ t_b &= 3,0 \times t_c \quad (\text{minutos}). \\ t_b &= 2,67 \times t_c \end{aligned}$$

2.3.2 Pré-dimensionamento da estrutura de saída do reservatório

Para determinar a vazão efluente do reservatório, foi calculada a estrutura de saída do reservatório com desempenho similar à estrutura de um orifício. A Equação 6, adotada neste trabalho, possui um coeficiente de vazão C_d que incorpora os efeitos da viscosidade, tensão superficial, rugosidade da placa e do padrão de escoamento a montante (CANHOLI,2014).

$$Q_e = C_d x A_o x \sqrt{2 x g x H} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

Q_e = Vazão do orifício (m^3/s);

C_d = Coeficiente de descarga do orifício (adimensional);

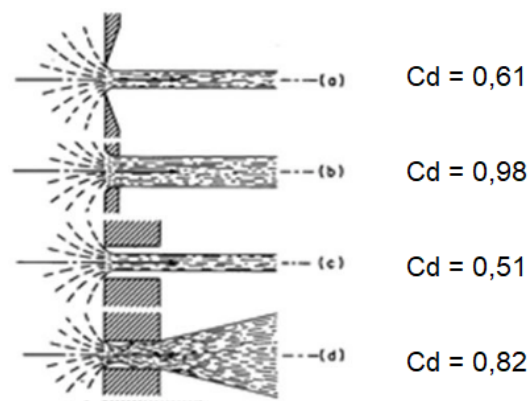
A_o = Área da seção transversal do orifício (m^2);

g = Aceleração da gravidade (m/s^2);

H = Altura da lâmina de água acima do centro do orifício (m).

O coeficiente de descarga (C_d) assume valores diferentes para cada tipo de orifício (Figura 5).

Figura 5 - Valores de coeficiente de descarga (C_d) para orifícios



Fonte: Coelho, 2018.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Engenheiro Coelho, interior do Estado de São Paulo, utilizado como base de estudo neste trabalho, apresenta um Plano Diretor que serve como um recurso de planejamento, no entanto apresenta muitas falhas na execução e implantação na área de saneamento como por exemplo o extravasor do lago que não suporta a demanda de água em picos de cheia. Neste trabalho foi discutida a problemática enfrentada por enchentes (cheias) causadas após intensas precipitações na cidade de Engenheiro Coelho, o que gera uma elevação temporária do nível da água do lago Municipal e acarreta o transbordamento do canal de drenagem.

De acordo com Tomaz (2013), é possível dimensionar reservatórios em espaços urbanos para diminuir o pico de vazão excedente após grandes precipitações. Tais reservatórios podem ser utilizados como praças, quadras poliesportivas e parques municipais, sendo reaproveitados para utilização em períodos de pouca estiagem para o lazer e em momentos chuvosos para retenção do volume de água.

Os resultados foram obtidos de acordo com o roteiro de cálculo exposto no Tópico 2, de Material e Métodos, seguindo a literatura técnico-científica.

3.1 Determinação das vazões

3.1.1 Equação da Intensidade máxima média de precipitação

$$I = \frac{1.985,007 \times 25^{0,139}}{(14+18,22)^{0,876}} \rightarrow I = 148,237 \text{ mm/h}$$

A intensidade da precipitação obtida foi de 148,237 mm/h

3.1.1.1 Tempo de Concentração

$$tc = 57 \times \left(\frac{0,95551^2}{35} \right)^{0,385} \rightarrow tc = 14 \text{ min.}$$

3.1.2 Cálculo das vazões de Pré-desenvolvimento e Pós-desenvolvimento

Os cálculos de pré e pós-desenvolvimento foram realizados pelo método racional. Para este cálculo, foi utilizada a intensidade de precipitação máxima (mm/h), a área de estudo (ha) e o coeficiente de escoamento superficial (Runoff), referente à taxa de ocupação do solo para o pós e pré-desenvolvimento.

3.1.2.1 Área de impermeabilização (Taxa de ocupação do solo)

Para realizar o dimensionamento do reservatório de retenção, analisaram-se alguns pontos importantes do município de Engenheiro Coelho, como a situação atual da urbanização e a situação futura da ocupação do solo na cidade. Para estimar o grau de ocupação do solo, foi utilizada uma imagem aérea da área de estudo, obtida através do software Google Earth.

Na imagem e cenário atual do município, obteve-se uma taxa de impermeabilização correspondente a 65% aproximadamente, levando em consideração presença de edificações não muito densas, com partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas, além da presença de área de matas densas e lotes sem construções. No entanto, para cenário futuro do município, foi utilizada uma taxa mais elevada de urbanização, contendo uma área de impermeabilização correspondendo a 95%.

3.1.2.2 Vazão Pré-desenvolvimento

$$Q_{pré} = \frac{0,65 \times 148,237 \times 0,901915}{360} \rightarrow Q_{pré} = 0,24139 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.1.2.3 Vazão Pós-desenvolvimento

$$Q_{pós} = \frac{0,95 \times 148,237 \times 0,901915}{360} \rightarrow Q_{pós} = 0,35281 \text{ m}^3/\text{s}$$

As vazões de pré e pós-desenvolvimento foram calculadas de acordo com as características da área de ocupação do solo, levando em consideração a área de impermeabilização. Para o cálculo de pré-desenvolvimento, utilizando um coeficiente de

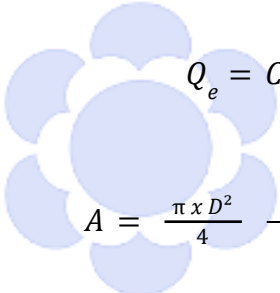
escoamento superficial de 0,65, obteve-se uma vazão de dimensionamento de 0,24139 m³/s, enquanto para o cálculo de pós-desenvolvimento, utilizando um coeficiente de escoamento superficial de 0,95, obteve-se uma vazão de dimensionamento de 0,35281 m³/s.

3.1.3 Cálculo do volume a ser detido

$$Vs = 0,5 \times (Q_{\text{pós}} - Q_{\text{pré}}) \times t_b \times 60 \rightarrow Vs = 140,389 \text{ m}^3$$

Para cálculo do volume detido, utilizou-se $t_b = 3 \times t_c$, sendo $t_c = 14$ min. A vazão de pós-desenvolvimento utilizada foi 0,35281 m³/s e vazão de pré-desenvolvimento de 0,24139 m³/s. Assim, o volume a ser detido para evitar o acúmulo de água das enchentes é de 140,389 m³.

3.1.4 Dimensionamento da saída do reservatório



$$Q_e = C_d \times A_o \times \sqrt{2 \times g \times H} \rightarrow A_o = 0,1412 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \rightarrow D = 0,424 \text{ m, aproximadamente } 500 \text{ mm}$$

No dimensionamento de saída do reservatório de detenção, utilizou-se a vazão de pré-desenvolvimento (0,24139 m³/s), o coeficiente de descarga (0,61), que é o mais indicado nos projetos de dimensionamento, a gravidade (9,81 m/s²) e a altura da lâmina d'água acima do centro do orifício (0,40 m), obtendo assim uma área do orifício de 0,1412 m².

Com o valor da área do orifício, conseguiu-se dimensionar o melhor diâmetro das tubulações utilizadas em projeto. Para a saída do reservatório de detenção, foi calculado um tubo de 500 mm de diâmetro interno a fim de escoar a água do montante até a rede de distribuição de água pluvial da cidade de Engenheiro Coelho.

3.2 Localização e projeto do Reservatório de Detenção

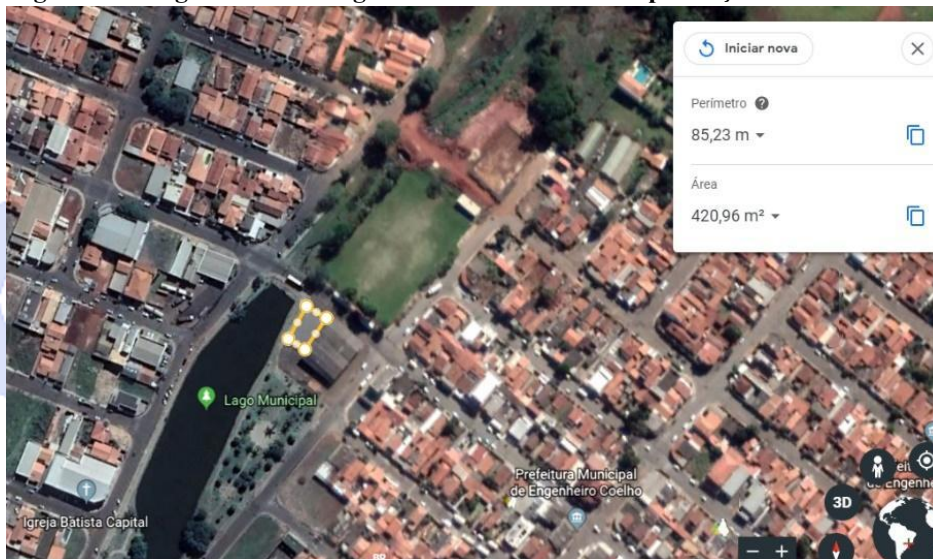
Como o reservatório de detenção só armazena água em picos de cheia e podem ser dimensionados de várias formas e tamanhos, respeitando sempre as áreas delimitadas em

projeto, neste trabalho buscou-se aproveitar o espaço disponível para locar um reservatório multifuncional, reaproveitando a área pensando no bem estar da população. Ressalta-se que o reservatório a céu aberto poderá também ser utilizado como uma quadra poliesportiva, pela sociedade.

3.2.1 Local de Implantação

O reservatório poderá ser implantado ao lado do Lago Municipal, onde ocorre o maior pico de enchente do município de Engenheiro Coelho, devido à declividade do terreno, conforme ilustrada na Figura 6. Ressalta-se que a área é patrimônio público e sem construções existentes, sendo adequada para receber a obra.

Figura 6 - Imagem aérea do lago indicando o local de implantação do reservatório

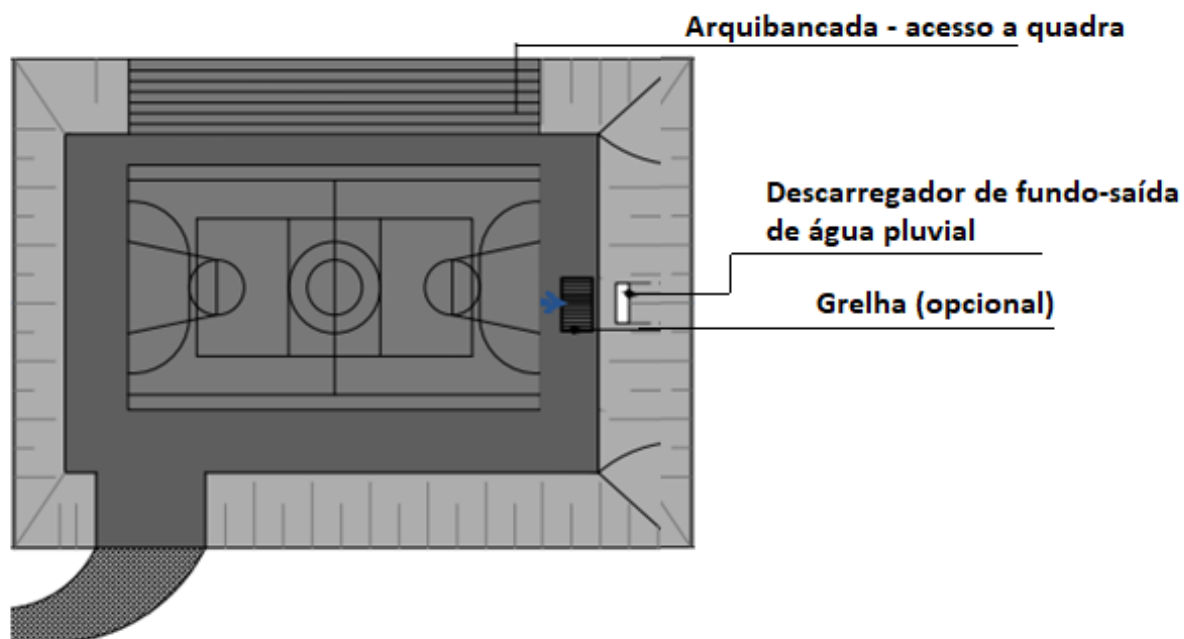


Fonte: Google Earth, 2019.

3.2.2 Projeto da Quadra Poliesportiva

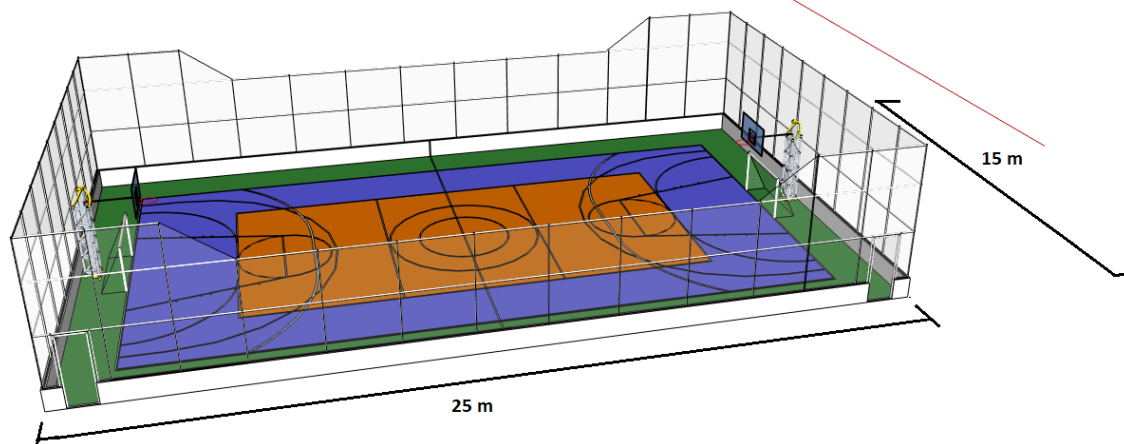
A quadra poliesportiva sugerida poderá ter dimensões a fim de suportar a detenção do volume encontrado através dos cálculos anteriores. Para suportar o volume de 140.389 litros d'água, o projeto da quadra poliesportiva terá comprimento de 25m, largura de 15m e uma mureta ou arquibancada de 0,5 m de altura (Figuras 7 e 8).

Figura 7 - Projeto da quadra com demonstração da descarga d'água



Fonte: Autores, 2019.

Figura 8 - Modelo arquitetônico em 3D da Quadra



Fonte: Autores, 2019

3.3 Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico

Segundo legislação brasileira, todo município deve possuir um Plano Diretor elaborado conforme as suas necessidades e características, no qual se estabelecem diretrizes para projetos que contemplem o bem estar geral da população, sendo assim fundamental o

foco no âmbito do saneamento básico. O Plano Diretor tem ainda por fito indicar a forma de desenvolvimento, fixando as regras e as estratégias de planejamento, a fim de que seu alcance seja efetivo em desenvolvimento social e físico de seu território.

De acordo com o “Artigo 46 – Drenagem Urbana” do Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico do município de Engenheiro Coelho (2017), o município tem como um dos seus objetivos, evitar o surgimento de áreas inundadas decorrentes do processo de urbanização. Assim, a medida compensatória proposta neste trabalho para solucionar a problemática na drenagem da água pluvial no município, se bem executada, irá ajudar a cumprir com o objetivo proposto em planejamento, além de promover melhorias na área de lazer e cultura de Engenheiro Coelho, SP.

4 CONCLUSÃO

O presente estudo permite afirmar que é de suma importância o desenvolvimento de um Plano Diretor que atenda a todos os critérios de saneamento básico da população, englobando o domínio da drenagem urbana. Visto que o município de Engenheiro Coelho já vem enfrentando problemas com a drenagem urbana há tempos e que alguns objetivos do seu Plano Diretor não estão sendo executados de forma correta, o reservatório de retenção, técnica compensatória adotada e dimensionada neste trabalho, faz-se uma alternativa viável à cidade a fim de sanar os problemas de inundações causadas por grandes volumes de água pluvial que não são escoados satisfatoriamente.

Para dimensionamento do reservatório de retenção, foram utilizados os parâmetros do método racional, indicado para bacias de pequeno porte. Os resultados obtidos de vazão e volume a ser retido, resultaram em um reservatório de 25 metros de comprimento por 15 m de largura, com projeto de mureta ou arquibancada de 0,5 m de altura, com capacidade para deter 140.389 litros d'água.

Em projeto, foi ainda verificado se a área para implantação do reservatório era apropriada, concluindo que devido à declividade, topografia e espaço para construção, o projeto tem total condições de ser executado. Vale ressaltar que além de controlar os problemas de enchentes, o projeto da quadra poliesportiva permitirá uma revitalização local, trazendo benefícios para os munícipes de Engenheiro Coelho na área de lazer e esporte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland - **Programa Soluções para Cidades**. Iniciativas Inspiradoras - Projeto Técnico: Reservatórios de Detenção. [S.l.: s.n.], 2013.

BAPTISTA, M. B.; BARRAUD, NASCIMENTO, N. O. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 2 ed. Porto Alegre: ABRH, 2011. 318 p

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 2. ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2015.

BRITO, D. S. **Metodologia para seleção de alternativas de sistemas de drenagem**. Brasília – DF. CAMPANA, N.A. Dissertação (Mestrado em tecnologia ambiental e recursos hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

CANHOLI, A.P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2 ed. São Paulo: Oficina de textos, Dez. 2014.

CANHOLI, A.P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. Oficina de Textos, São Paulo, 2005. 304 p.

CANO, J.C.I. **Desenvolvimento econômico e urbanização** – estudo de caso do município de São José dos Campos (1960-1985). Campinas: IE/UNICAMP, Monografia, 1989.

COELHO, J. **Sistema de drenagem urbana e implantação de reservatórios**. São Paulo – SP. 56f. (Mestrado em engenharia) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2018.

CORSINI, R. **Piscinões para controle de cheias: Dimensionamento, projeto, custos e manutenção de reservatórios de contenção de enchentes em espaços públicos**. 2011.

Disponível em:

<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/4/artigo220142-2.aspx> : . Acesso em: 12 nov. 2014

DAEE, **Departamento de Águas e Energia Elétrica**, 2013. Disponível em:

<http://www.daee.sp.gov.br/> Acesso em 20 mar. 2019

FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). **Manual de saneamento**. Orientações Técnicas. 3. ed. Fundação Nacional de Saúde, Brasília, 2006, 408 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Orientações básicas para a operação de aterro sanitário**. Belo Horizonte: FEAM, 2006.

GAGLIARDO, D. **Engenharia Civil: Conceção e Prática**. Joinville, SC. 2017. V. 2.

GOOGLE. **Google Earth**. Versão 7.1.5.1557. 2015. Nota (Engenheiro Coelho, SP).

Disponível

em <https://earth.google.com/web/@-22.4791435,-47.16768166,673.81071308a,21493.55771869d,35y,0h,0t,0r/data=ChMaEQoJL20vMDNfeXF0GAIgASgC>. Acesso em: 20ago. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos Municípios Brasileiros 2013**. Sudeste: IBGE, 2013. Disponível em:

https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2013/defaulttab_pdf.shtm.

Acesso em 05 mar. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados demográficos Engenheiro Coelho**. Sudeste: IBGE, 2018. Disponível

em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/engenheiro-coelho/panorama>

Acesso em 16agos. 2019.

MITTELSTADT JÚNIOR, L. C. **Águas pluviais e drenagem urbana influência de reservatórios de retenção no controle de vazão**. In: Seminário de Iniciação Científica, XXIII, 2015. Santa Rosa: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2015. p. 9.

NAKAZONE, L. M. **Implantação de reservatórios de retenção em conjuntos habitacionais: a experiência da CDHU**. São Paulo – SP. 305f. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

NASCIMENTO, N.O. SILVÉRIO.S.. **Plano Diretor e Saneamento Ambiental**. In: Plano diretor participativo: guia para elaboração pelos municípios e cidadãos. Org. por Rolnik, R.; Schasberg, B.; Pinheiro, O., ed. CONFEA, Brasília-DF, v.1, p. 95-111, 2004.

PEREIRA NETO, J. T. *et al.* **Resíduos urbanos domiciliares: um paradoxo da sociedade moderna**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17., 2019, Natal – RN. Anais... Natal, V 2, Tomo II, 2019.

SUBPREFEITURA DE CAMPO BELO. **Plano de Mobilidade Urbana**. USF, São Paulo, 2014.

PLUVIO. Versão 2.1.Plúvio 2.1 Copyright, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ENGENHEIRO COELHO. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico**. Secretaria de Saneamento e recurso Hídricos. São Paulo. Março. 2017.

SABOYA, Renato. **Concepção de um sistema de suporte à elaboração de planos diretores participativos**. LOCH, C. Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina. 2007.

SHEAFFER, J.R; WRIGHT,K.R. **Urbanstormdrainage management**. New York, Marcel Dekker, Inc., 1982.

SOUZA, V. C. B. **Estudo experimental de trincheiras de infiltração no controle da geração do escoamento superficial**. Porto Alegre – RS. 151f. GOLDENFUM, J. A. Tese (Doutorado em engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

TOMAZ, P. **Cálculos hidrológicos para obras municipais**. São Paulo: Editora Navegar, 2002.

TOMAZ, P. Método racional. In: TOMAZ, P. **Curso de manejo de águas pluviais**.2013. Disponível

em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_4.pdf. Acesso em: 10maio 2019.

TUCCI, C. E. M. Controle de Enchentes. In: TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2009. p. 621-658.

TUCCI, C. E. M., 2002, Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, V. 7, N.1, jan/mar, pp 5-27.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 2007. 428p.

VILLAÇA, Flávio. Dilemas do Plano Diretor. In: CEPAM. **O município no século XXI: cenários e perspectivas**. São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima – Cepam, 1999. p. 238.

WILKEN, P.S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: CETESB, 1978.