

PROPOSTA PARA MITIGAÇÃO DE CHEIAS NA CIDADE DE PETRÓPOLIS

Mayara Borges Branco Pinheiro – mayarabranco@unigranrio.br
Universidade Unigranrio, Escola de Ciência e Tecnologia
Rua Professor José de Souza Herdy, 1160 – Jardim Vinte e Cinco de Agosto
25071-202 – Duque de Caxias – Rio de Janeiro

Rachel Sampaio de Oliveira – rachelsam@unigranrio.edu.br
Universidade Unigranrio, Escola de Ciência e Tecnologia
Rua Professor José de Souza Herdy, 1160 – Jardim Vinte e Cinco de Agosto
25071-202 – Duque de Caxias – Rio de Janeiro

Resumo: *A ocupação urbana realizada desordenada e sem planejamento gera a falta de infraestrutura básica e dificuldade que surgem sequente da ação por meio de obras. O sistema de drenagem pluvial tem retratado a sobrecarga em várias cidades que tiveram um crescimento descontrolado, e que podem ocorrer consequências catastróficas, como a ocorrências de enchentes que devastam Petrópolis, Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. Nesse conteúdo, a drenagem urbana sustentável aparece como uma opção que envolve uma ação urbana leve, sem modificar o problema do excesso de água para jusante, e que não seja integrada à paisagem e as funções urbanas na cidade. Implementação de bacias de amortecimento e sistema unitário ou separativo são exemplos de medidas que podem ser combinadas para possível solução do problema.*

Palavras-chave: *Drenagem sustentável, Petrópolis, enchentes.*

1 - INTRODUÇÃO

A falta de serviços de saneamento básico, tem sido responsável por graves problemas de saúde pública que sintetizam a força de trabalho e ocasionam a perda de muitas vidas. Segundo o Instituto Brasileiro de Administração Municipal, a situação do saneamento no Brasil tem ausência das políticas setoriais, provocando contaminação de solos e águas, agravamento de problemas de poluição, comprometimento irreversível de lençóis subterrâneos e proliferação de vetores. Segundo o Instituto Brasileiro de Administração

Municipal, os serviços de abastecimento de água não chegam para 12% da população urbana, a coleta de esgotos atinge apenas 35% desta população e apenas 8% do esgoto produzido tem tratamento em conformidade. Quanto aos resíduos sólidos, a situação é muito preocupante, 76% são acumulados em “lixões” a céu aberto.

Segundo Pompêo (2000), as redes de drenagem são canais interligados e que drenam a água da chuva, também podem ser chamado de rede hidrográfica. São dois tipos de rede de drenagem sendo redes artificiais que são aquelas construídas nas cidades por pessoas e as redes naturais que são formadas por lagos e rios.

O sistema de Microdrenagem inclui a coleta das águas superficiais ou subterrâneas através de pequenas e médias galerias, já o sistema de Macrodrenagem engloba, além da rede de Microdrenagem, galerias de grande porte e os corpos receptores destas águas (rios ou canais). Fazem parte de um sistema de drenagem e manejo de águas pluviais: Guia ou meio-fio, sarjeta, Bocas-de-lobo, Galerias, Poços de visita, Trecho de galeria e Bacias de amortecimento. (geofoco.com.br, acessado em 19 de abril de 2019)

A água distribuída nas residências que é utilizada para higiene pessoal, alimentação e limpeza vira esgoto. Por causa do crescimento de habitantes nas áreas urbanas por consequência o aumento do uso de água potável, o estilo de vida tem sido diferente. A principal mudança do estilo de vida é relacionada a água, especialmente no que se refere às alternativas fontes de água. Para vários moradores das cidades grandes, a condição básica tem sido o tratamento e o reúso de água cinza.

O conceito de água cinza dá-se a entender que é qualquer rejeito produzido por uma moradia, exceto o esgoto sanitário. Segundo Manoela Imamura (2016) água cinza é o efluente que tem origem nas máquinas de lavar, chuveiros e pias de banheiro. A maior diferença entre esgoto e a água cinza é a concentração de matéria orgânica, sendo o esgoto com a maior concentração desse poluente. Não havendo consenso, algumas pessoas consideram o rejeito produzido pela pia da cozinha como esgoto, por causa da elevada carga de matéria orgânica fornecida do fontanário, em comparação ao rejeito da área de serviço ou de banho. Segundo Manoela Imamura (2016) como as águas cinzas representam a maior parcela dos efluentes domésticos, a separação dos dois tipos de efluentes diminui consideravelmente o volume de esgoto, permitindo que as estações de tratamento possam ser mais compactas e descentralizadas.

Esgotos sanitários são os despejos líquidos formados por esgotos domésticos e industriais depositados na rede pública e águas de infiltração.

O resíduo líquido industrial é o esgoto resultado dos processos industriais. De acordo com o tipo de indústria, ele possui propriedades próprias. Os esgotos industriais que são depositados na rede pública são resíduos industriais especificamente condicionados de forma a atender os padrões de lançamentos definidos.

Os esgotos domésticos é a grande parte dos esgotos sanitários, derivam, principalmente, de residenciais e de edificações públicas e comerciais que congregam aparelhos sanitários, lavanderias e cozinhas. Apesar de diferenciarem em função dos costumes e condições socioeconômicas das populações, os esgotos domésticos tem propriedades devidamente determinadas. O resultado do uso da água pelo homem em finalidade dos seus hábitos higiênicos e de suas necessidades fisiológicas, os esgotos domésticos contem, principalmente, águas de banho, urina, fezes, restos de comida, sabões, detergentes e águas de lavagem.

Segundo Braga (2005), os sistemas de esgotos sanitários são constituídos por coletor predial que é a canalização que conduz os esgotos sanitários dos edifícios, coletor de esgotos ou coletos secundário que é a canalização de pequeno diâmetro que recebe efluentes dos coletores prediais, coletores tronco que é a canalização principal, de maior diâmetro, que recebe os efluentes de vários coletores de esgotos, conduzindo-os a um interceptor e emissário. Os interceptores são as canalizações de grande porte que interceptam o fluxo dos coletores com a finalidade de proteger cursos de água, lagos, praias, dentre outras, evitando descargas diretas. O emissário é um conduto final de um sistema de esgotos sanitários, destinado ao afastamento dos efluentes da rede para o ponto de lançamento (descarga), sem receber contribuições no caminho. As estações elevatórias são instalações eletromecânicas para elevar os esgotos sanitários, com o objetivo de evitar o aprofundamento excessivo das canalizações, proporcionar a transposição de sub-bacias, a entrada nas estações de tratamento ou a descarga final do corpo de água receptor. Os sifões invertidos são as canalizações rebaixadas que funcionam sob pressão, destinadas à travessia de canais, obstáculos, etc. Os Órgão complementares são as obras e instalações complementares dos sistemas de esgotos sanitários que compreendem poços de visita, tanques fluxíveis, etc. Os poços de visita são câmaras de inspeção que possibilitam o acesso de funcionários do serviço, bem como a introdução de equipamentos de limpeza. Eles também são utilizados como elementos para a junção de

coletores, mudança de declividade entre outros. As estações de tratamento de esgotos (ETEs) tem por objetivo reduzir a carga poluidora dos esgotos sanitários antes de seu lançamento no corpo de água receptor. As Obras de lançamento final é destinada a descarregar de forma conveniente os esgotos sanitários no corpo de água receptor.

O sistema unitário no Rio de Janeiro foi implantado em 1857, porem, devido as consideráveis precipitações pluviais, várias áreas com limites financeiros e sem pavimentação, o sistema foi alterado para separador parcial, de jeito que esses sistemas de esgotamento recebiam uma parte das águas de chuva, fornecido de pátios e telhados das construções que eram enviadas ao mesmo tempo com as águas residuárias e águas de infiltração. No sistema separador parcial, o sistema de esgotos urbanos é formado de galerias de água pluviais e de redes de esgotos. No sistema separador absoluto, as águas de infiltração e as águas residuárias que formam o esgoto sanitário, são lançadas em um sistema independente nomeado sistema de esgoto sanitário. Às águas pluviais são lançadas e conduzidas totalmente independentes em um sistema de drenagem pluvial.

Desde a sua fundação, o histórico da cidade de Petrópolis, indica que a questão do manejo de águas pluviais urbanas e da drenagem é muito significativa, pois se situa numa região serrana, com relevo acidentado, e com muitas ocupações urbanas acontecendo no fundo de vale e encostas, formando uma situação instável, tornando-se vulnerável a desastres. Apesar da vulnerabilidade do município, não se possui um Plano Diretor de Drenagem de Águas Pluviais, que tem como finalidade elaborar mecanismo de gestão de infraestrutura urbana, referente ao escoamento das águas pluviais, tendo em vista melhorarem as condições de saneamento. Além de o plano apresentar critérios para criação de projetos, determinando um padrão a ser praticado para novas obras de micro e macrodrenagem.

Devido a característica de ocupação urbana preeminente no município, segundo o Plano Municipal Básico de Petrópolis foi praticamente impossível a implantação de um sistema separador absoluto em grande parte das vias, principalmente no centro histórico, a Concessionária, juntamente com o município optaram pela implantação nesses locais de um sistema unitário misto. Possibilitando então a implantação de rede separadora absoluta, onde o sistema se mostrou possível nas vias e onde não se tornou possível optaram pelo sistema unitário. Hoje a drenagem urbana do Município de Petrópolis corre em sistema unitário.

O abastecimento na cidade de Petrópolis é composto por oito substanciais produtores de água, incluindo o aproveitamento de mananciais superficiais e do manancial subterrâneo.

O sistema de esgotamento sanitário é composto por vinte e duas unidades de tratamento, sendo que seis são Biodigestores em comunidades pequenas e quatorze estações elevatórias. (petropolis.rj.gov, acessado em 16 de março de 2019)

1.2 - JUSTIFICATIVA

A Cidade de Petrópolis sofre constantemente com o transbordamento, onde a altitude contribui significativamente para o período chuvoso e a precipitação total anual corresponde 79% no verão. Em 2011 a cidade foi castigada pela catástrofe, sofrendo uma perda de aproximadamente R\$ 1,6 milhão no setor turístico. Segundo a secretaria de Saúde e Defesa Civil do Estado foram contabilizadas 64 mortes. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), choveu cerca de 300 mm em 24 horas na região. (UOL, 2011)

O Rio Quitandinha transbordou e interditou a Rua Coronel Veiga, em Petrópolis, na Região Serrana do Rio, na tarde desta segunda-feira (25). Segundo a Defesa Civil, ninguém ficou ferido e nenhuma ocorrência grave foi registrada. (OGLOBO, 2019)

O temporal que atingiu Petrópolis, na Região Serrana do Rio, na tarde desta quarta-feira (8) deixou vários estragos pela cidade. Durante as inundações carros foram arrastados pela correnteza ou “engolidos” pelos rios que transbordaram, quando a água baixou, foi possível ver mais do que carros danificados nas vias e até mesmo no leito dos rios. Foram registradas 45 ocorrências após uma forte chuva de 90 milímetros em menos de uma hora. O número foi quase nove vezes maior do que o esperado para toda a quarta-feira. (G1, 2020)

Figura 1: Inundação do Rio Quitandinha



Fonte: G1 (2020)

1.3 - OBJETIVOS

Objetivo geral: apresentar alternativas tecnológicas (projetos de drenagem) para mitigar os problemas rotineiros de enchentes na região de Petrópolis.

Objetivos específicos:

- Efetuar estudos para implementação de bacias de amortecimento de cheias;
- Projetar rede de drenagem interligada à bacia de amortecimento;

1.4 - METODOLOGIA

A cidade de Petrópolis apresenta problemas recorrentes com inundações, onde todos os verões a cidade é intensamente prejudicada. No centro da cidade os transbordamentos ocorrem com mais frequências, prejudicando a mobilidade urbana e o comércio local. Por se tratar de um local já densamente ocupado, por ser o Centro da cidade, verifica-se a dificuldade de alargamento das calhas dos rios, tanto do ponto de vista logístico quanto espacial. Dentro desta realidade a utilização de Reservatório de amortecimento de cheia constitui uma opção

interessante, visto que sua área de implantação pode ser utilizada como espaço de lazer e sua construção fora da calha do rio não causa maiores interferências com o trânsito local. Após a definição da solução mais adequada para a região, buscou-se o local adequado a sua implantação, bem como os estudos para ligação desse reservatório com a rede de drenagem local.

O propósito do Reservatório de Amortecimento de cheia é reter o excedente de chuva não suportado pelas calhas dos rios, para determinação do volume do reservatório e é preciso conhecer o índice pluviométrico, a área de contribuição da microbacia e a capacidade de suporte dos rios.

2.0 - UNIVERSO DE ANÁLISE

Dentre os bairros de Petrópolis, o escolhido pela maior incidência de transbordamentos na cidade foi a Rua do Imperador, que fica localizada no centro da cidade, onde tem diversas construções da época de Dom Pedro II que costumava ficar longas temporadas na cidade. Embora o problema aconteça em várias áreas, ele aparece de forma constante no centro de Petrópolis, e por ser a principal via de circulação de pedestres e automóveis, além da localização central, onde se encontram clínicas, lojas, escolas, serviços em geral. Apresentando também diversos transtornos para o setor turístico, pois no centro da cidade se encontra a maior parte dos centros culturais que se encontram em antigos palacetes e casarões do século 19, para comércio local e prejudicando o deslocamento de moradores e turistas para regiões próximas.

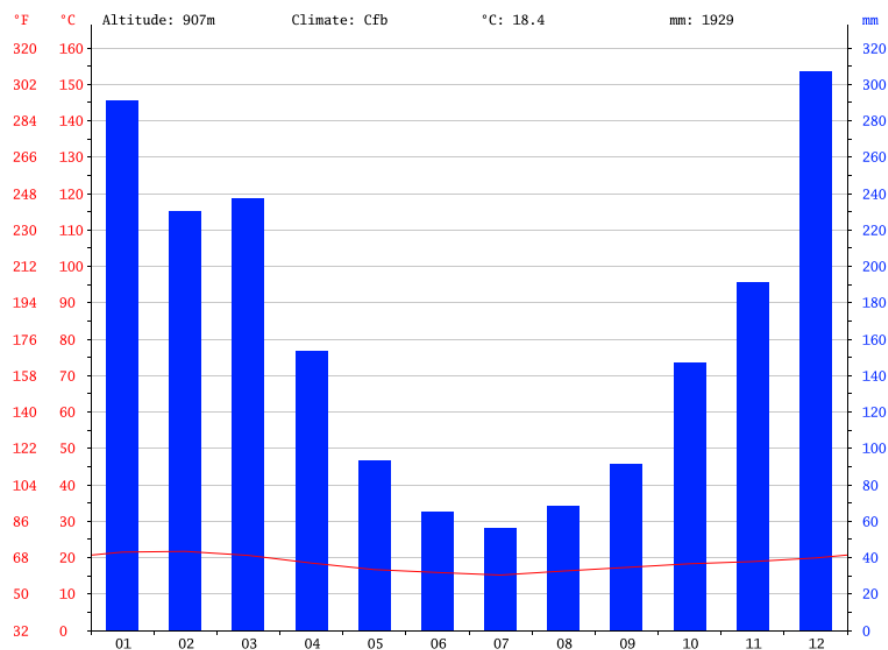
Na cidade de Petrópolis o clima é conhecido como clima tropical de altitude, ou seja, clima mesotérmico sempre úmido, com chuvas de verões afáveis, com pouca presença da estação seca. (climate-data.org, acessado em 21 de maio de 2019). NIMER (1989 apud GUERRA, 2007) identifica o clima da cidade como mesotérmico brando superúmido, com temperaturas média de 18,4° (climate-data.org, acessado em 21 de maio de 2019), e umidade relativa de cerca de 83% ao longo de todo o ano.

A determinação do padrão climático no município ocorre por uma combinação de sua posição geográfica com o relevo montanhoso e a proximidade do oceano. (NIMER, 1989 apud GUERRA, 2007).

Segundo o ICMBIO (2007) a pluviosidade média anual da cidade varia entre 1500mm e 2600mm. O relevo existente no município opera como barreira para umidade vinda do mar, no qual a massa de ar perde temperatura com a altitude, o que resulta em um cenário de chuvas frequentes e na maioria das vezes extremamente fortes.

Abaixo os gráficos informam as médias dos últimos anos da pluviosidade, climáticas e de temperatura.

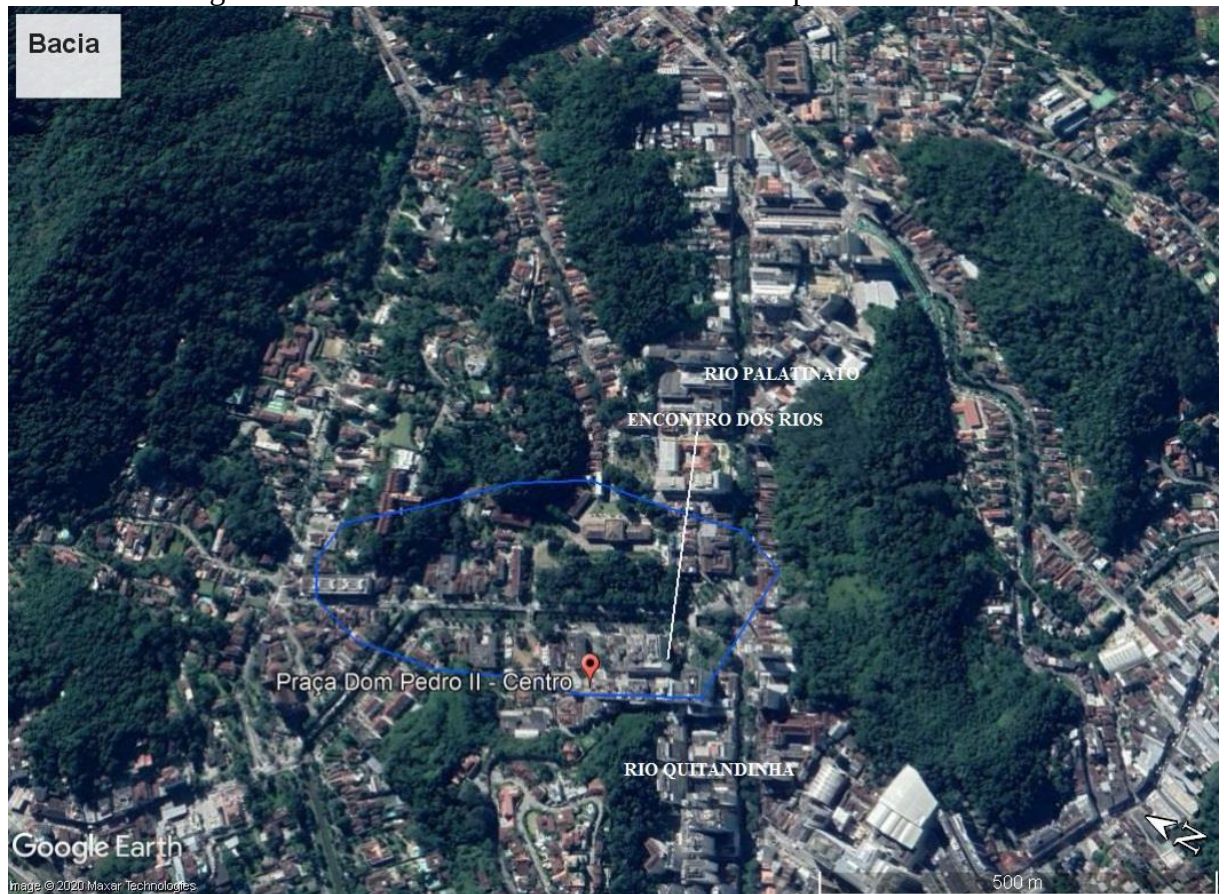
Gráfico 1: Médias de temperatura e pluviosidade em Petrópolis.



Fonte: climate-data.org, acessado em 21 de maio de 2019

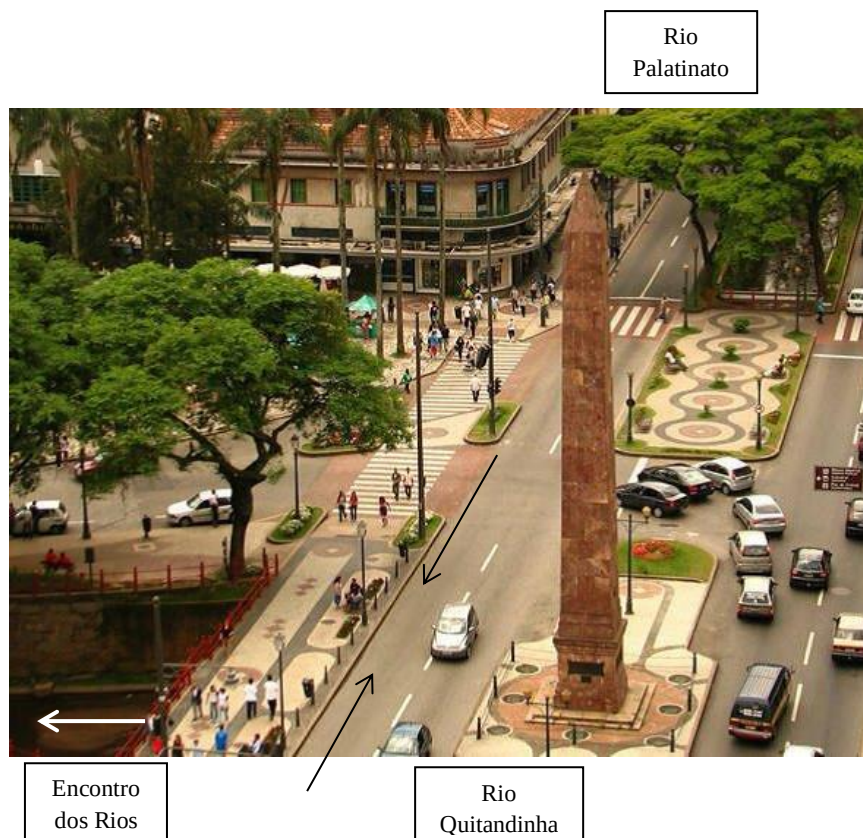
O Rio Quitandinha e o Rio Palatinato são dois afluentes do Rio Piabanha que se encontram de forma frontal, e para seguir seu curso da Rua da Imperatriz fazem uma curva de 90°. O que, há uma diminuição da velocidade e uma grande perda de carga no escoamento, que pode ocorrer acúmulo de água e montante do encontro dos dois rios, na Rua do Imperador, a principal Rua de Petrópolis.

Figura 1: Encontro dos Rios no Centro de Petrópolis



Fonte: Google Earth, 11 de Maio de 2020.

Figura 4: Encontro dos rios Palatinato e Quitandinha no Centro de Petrópolis.



Fonte: visitepetropolis.com (2019)

A extensão entre Rua do Imperador e Palácio de Cristal apresenta mais quatro curvas bruscas, sendo duas de noventa graus e uma declividade baixa, algumas vezes negativa, o que complica o escoamento. O principal canal de escoamento da cidade apresenta insuficiência para drenar a cidade na época do verão onde as chuvas são mais intensas.

Figura 5: Centro de Petrópolis durante a chuva de 15 de janeiro de 2019



Fonte: G1 (2019)

Os dois rios afluentes do Rio Piabanha são Rio Palatinato e Rio Quitandinha. Juntos, esses três rios e seus afluentes formam uma bacia que abrange todo o primeiro distrito de Petrópolis.

Segundo o Plano Diretor de Petrópolis (2012), a rede hídrica que banha Petrópolis, corre encaixada nos fundos dos vales e é estruturada pelo Rio Piabanha, que nasce na Serra da Estrela, na falda ocidental do penhasco do Retiro, Já dentro da Cidade de Petrópolis, em seu 1º Distrito, mais precisamente na Praça da Confluência / antiga Praça Koblenz, onde foi construído o Palácio de Cristal, o Piabanha, recebe a contribuição do rio Quitandinha, após receber as águas do rio Palatinato, que com ele conflui nas proximidades do Monumento dos Colonizadores / Obelisco.

Verifica-se que uma solução realizada em obra estrutural causaria muito transtorno para o funcionamento da cidade. Este trabalho tratará o problema, baseado no princípio de que diminuir a vazão afluente ao centro da cidade é uma forma de diminuir o risco de enchentes.

Reservatório de retenção é uma obra hidráulica com a finalidade de armazenar águas pluviais durante um intervalo de algumas horas, a fim de adiar sua chegada à rede de drenagem. O propósito dessas estruturas é desenvolver o amortecimento de cheias e a diminuição da poluição difusa pluvial. (RADESCA et SVAB, 2011). Os reservatórios serão em seguida esvaziados em um tempo mínimo de 24 e máximo de 48h, para evitar a proliferação de vetores no local. (TOMAZ, 2010). O reservatório deve ser projetado com um revestimento impermeável, e deve conter um dispositivo de saída da água, além de um

vertedouro de segurança. Este tipo de solução permite que a solução de drenagem seja combinada com uma medida de característica urbanística, e ter utilidade na época de poucas chuvas quando não estiver sendo utilizada para essa finalidade. Fora da época de chuvas, o espaço pode ser utilizado como quadra esportiva, espaço de recreação ou estacionamento, por exemplo.

Figura 2: Localização da região para proposta da implantação do Reservatório



Fonte: Google Earth (2020)

3.0 - DIMENSIONAMENTO

Para a determinação da vazão de chuva adotou-se o método racional.

$$Q_{chuva} = \frac{C \times i \times A}{360}$$

Onde:

Q = vazão em m³/s;

C = Curva – número da tabela;

i = intensidade da chuva em mm/min;

A = área de drenagem da bacia, em hectares (ha)

Logo:

$$Q_{chuva} = \frac{0,74 \times 66,36 \times 111,38}{360} \quad Q_{chuva} = 15,19 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para a determinação da Intensidade Pluviométrica adotou-se para a localidade foi obtida através da equação IDF, (Intensidade - Duração - Frequência), descrita por:

$$i = \frac{k \times T^a}{(tc + b)^c}$$

Para determinar os valores de a, b, c e d, foi utilizado o software *Plúvio 2.1*, desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa, que calcula estes parâmetros através da análise das séries histórica do posto pluviométrico “*Rio da Cidade*”, em Petrópolis.

Os valores obtidos foram:

K = 9756,845;

a = 0,212;

b = 41,620;

c = 1,140.

Figura 3: Parâmetros para a equação IDF, software *Plúvio 2.1*

The screenshot shows the 'Plúvio 2.1 - Estado: Rio de Janeiro' window. The main map area displays the state of Rio de Janeiro in blue, with a black crosshair indicating coordinates 43°10'13" longitude and 22°26'17" latitude. On the right, the 'Estados' dropdown is set to 'Rio de Janeiro'. Below it, the 'Estações' list includes 'Rio da Cidade (Petrópolis)', which is highlighted. The 'Localidades' list includes 'Mangaratiba'. At the bottom, the 'Parâmetros da Equação IDF' section shows the calculated values: K: 9756,845, a: 0,212, b: 41,62, and c: 1,14. The 'ANEEL (2001)' button is also visible.

Fonte: GPRH, UFV

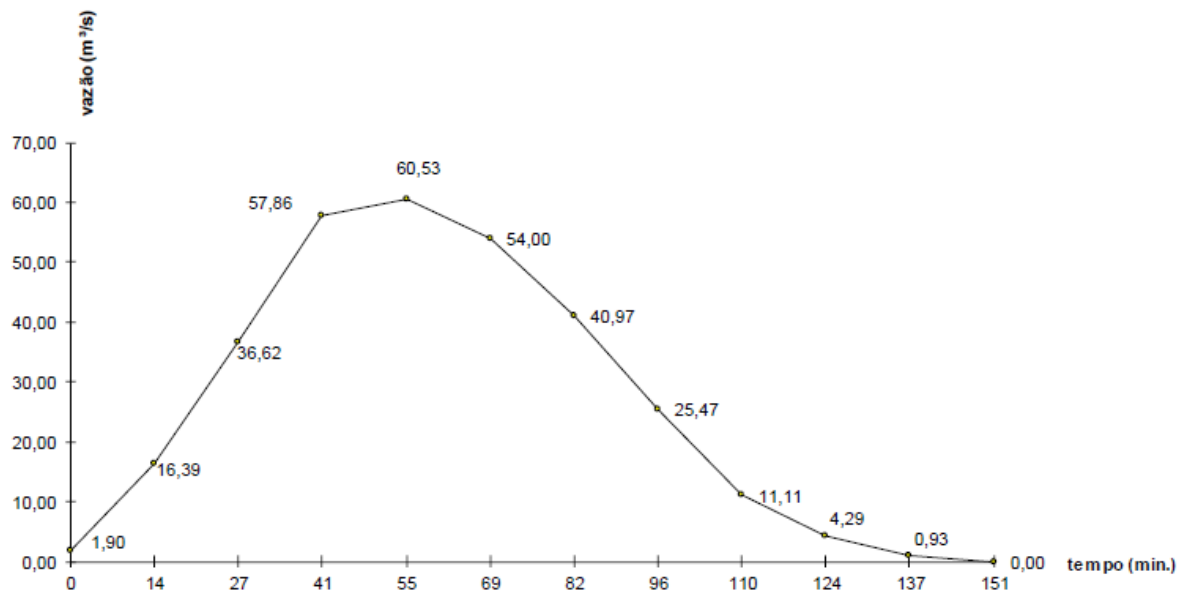
Tempo de concentração

Foi calculado o tempo de concentração para esses valores, pela fórmula de Kirpich, sendo encontrado 1,72h, ou 103,32 min.

$$t_c = 85.2 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0.385}$$

Gonçalves (2014), calculou a vazão tempo seco em 1,9 m³/seg. e para uma chuva com tempo de Recorrência (TR) de 10 anos em 60,53 m³/seg.

HIDROGRAMA



Fonte: Gonçalves, Cristina (2014)

Logo o resultado obtido pode ser observado no quadro abaixo:

Índice Pluviométrico
$i = \frac{k \times T^\alpha}{(tc + b)^c}$
$i = \frac{9756,845 \times 25^{0,212}}{(103,32+41,62)^{1,14}} = 66,36\text{mm/h}$
i = intensidade média de precipitação mm/h;

tc = Duração da precipitação em minutos;
Tr = Período de retorno em anos;
K,a,b,c = Constantes de ajuste locais

Coefficiente de permeabilidade

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Petrópolis, o teste de infiltração de um terreno indicou o tempo igual a quatro minutos para o abaixamento de 1 cm. O coeficiente de infiltração foi calculado através da seguinte fórmula com os seguintes resultados obtidos:

$$Ci = \frac{490}{t+2,5}$$

$$Ci = \frac{490}{4+2,5}$$

$$Ci = 75,48$$

Tabela 1: Determinação da permeabilidade do solo		
Tipos de Solos	Coeficiente de infiltração litros/m² x dia	Absorção relativa
Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa com cascalho.	Maior que 90	Rápida
Areia fina ou silte argiloso ou solo arenoso com humos e turfas variando a solos constituídos predominantemente de areia e silte.	60 a 90	Média
Argila arenosa e/ou siltosa, variando a areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom.	40 a 60	Vagarosa
Argila de cor amarela, vermelha ou marrom medianamente compacta, variando a argila pouco siltosa e/ou arenosa.	20 a 40	Semi-impermeável
Rocha, argila compacta de cor branca, cinza ou preta, variando a rocha alterada e argila medianamente compacta de cor avermelhada.	Menor que 20	Impermeável

Fonte: ABNT – NBR 7229/93

Vazão gerada na Bacia do Rio Quitandinha

Tabela 2: Dados da Bacia do Rio Quitandinha	
Área	11,138 Km ²
Comprimento do Talvegue	7,703 Km
Cota inicial	1.068 m
Cota final	808 m
Desnível	277 m
Declividade	9,1%
Q (m ³ /s)	15,19 m ³ /s

Fonte: HABITAT ECOLÓGICO, 2014.

Dimensionamento da capacidade dos rios

Para dimensionamento dos dispositivos utilizou-se a informação da seção geométrica a seguir, obtida no Plano Municipal de Petrópolis.

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R h^{2/3} \times I^{1/2}$$

Onde:

Q = vazão de escoamento;

N = coeficiente de rugosidade do canal;

I = inclinação longitudinal do canal;

A = área molhada da seção transversal;

Rh = raio hidráulico da seção.

Tabela 3: Cálculo da vazão seção A-A									
Q (m ³ /s)	n	Am (m ²)	Pm (m)	RH(m)	Formato	I(m/m)	B(m)	Y (altura da lâmina d'água)	H(m)
518,51	0,02	24	14	1,71	Retangular	0,091	6	4	5

Tabela 4: Cálculo da vazão seção C-C

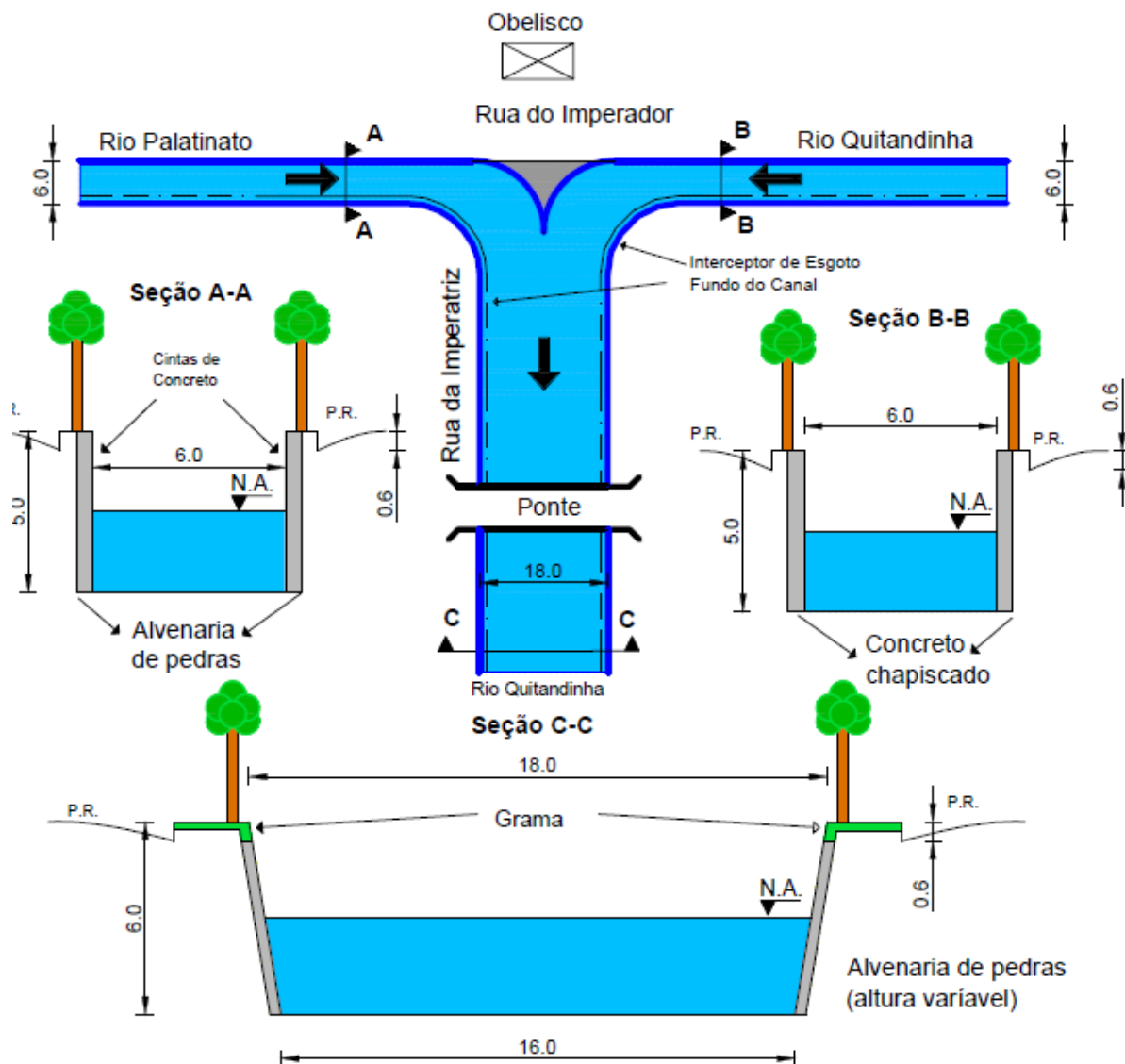
Q (m ³ /s)	n	Am (m ²)	Pm (m)	RH(m)	Formato	I(m/m)	B(m)	Y (altura da lâmina d'água)	H(m)	Z
2604,72	0,02	80,6408	25,7325	3,13	Trapezoidal	0,091	16	4,8	6	0,1667

Para o calculo do reservatório foi adotado a menor vazão, pois é onde ocorre o maior extravasamento das águas do canal.

$$V_{\text{reservatório}} = Q_{\text{escoamento}} - Q_{\text{chuva}}$$

$$V_{\text{reservatório}} = 518,51 \text{ m}^3/\text{s} - 15,19 \text{ m}^3/\text{s} = 503,32 \text{ m}^3$$

Figure 3: Seção do Rio Quitandinha com encontro do Rio Palatinato



Fonte: Plano Municipal de Petrópolis (2014)

4.0 - CONCLUSÃO

Um país com alto índice pluviométrico e com cidades altamente densificadas e impermeabilizadas como o Brasil, sofre constantemente com inundações em suas áreas urbanas. Apresenta-se um desafio solucionar problemas como as cheias em ambiente já urbanizado, como a cidade de Petrópolis, pois não há espaço físico para alargamento da calha do rio, visto que os mesmos são margeados por vias importantes no tráfego urbano, e já se apresentam canalizados em alguns trechos. O reservatório de amortecimento de cheias

constitui-se numa solução viável para reservar o excedente de chuva não suportável pelos canais, pois pode ser ainda aproveitado, em sua superfície, como área de lazer, quando situado fora da área de tráfego da cidade. Seu posicionamento carece de estudos complementares para impactar o mínimo possível na mobilidade urbana.

Vale ressaltar que juntamente a esta solução estrutural cabe implantar medidas paliativas como incentivo ao aproveitamento de água de chuva, coleta de resíduos sólidos, implantação de áreas verdes, saneamento urbano, educação ambiental, entre outros. Somente uma gestão integrada é capaz de preservar os mananciais evitando problemas como as inundações com prejuízos da ordem de milhões.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAGA, Benedito et al. Introdução a Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005
- CETESB - Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Drenagem Urbana**: Manual de Projeto. Convênio CETESB – ASCETESB, São Paulo, 2012
- DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de Drenagem de Rodovias. 2ª Ed. Rio de Janeiro, RJ, 2006
- GUERRA, A. J. T., MENDONÇA, M. B., LOPES, P. B. M., LIMA, F. S., JORGE, M. C. O., MENDES, B. R. “Criação de um Sistema de Previsão e Alerta de Riscos a deslizamentos e enchentes, visando minimizar os impactos socioambientais no bairro Quitandinha, bacia do rio Piabanha (afluente do Paraíba do Sul), município de Petrópolis-RJ” In: Anais II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e sustentabilidade. Taubaté, SP, 2009
- ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Área de Proteção Ambiental da Região Serrana de Petrópolis. Brasília, DF, 2007

- POMPÊO, C. A. Drenagem urbana sustentável. Rev. Bras. de Rec. Hídricos. Ed. UFSC. V.5, No 1, Santa Catarina, 2000
- TOMAZ, P. “Dimensionamento preliminar de reservatório de detenção” In: Curso de Manejo de Águas Pluviais. Cap. 10, Guarulhos, SP, Edição de Plínio Tomaz, 2009
- Comissão Especial de Estudos e Revisão do Plano Diretor de Petrópolis. Disponível em: <petropolis.rj.gov.br/pmp/phocadownload/Planejamento/comcidade/diagnostico/diagnostico_05_04.pdf>. Acesso em 19 de abril de 2019
- Climatate. Disponível em: <pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-de-janeiro/petropolis-4484/> Acesso em 19 de março de 2019
- DAE. Disponível em: <daeamericana.com.br/estacao-de-tratamento-de-esgoto-ete/>. Acesso em 21 de março de 2019
- Espaço Ecológico – Água cinza e Água Negra – Disponível em: <<https://espacoecologicoanoar.com.br/as-cores-da-agua-residual-entenda-as-diferencas-entre-agua-cinza-e-agua-negra/>> Acesso em 09 de maio de 2020
- Geofoco. Disponível em: <geofoco.com.br/sistema-de-drenagem-pluvial>. Acesso em 19 de abril de 2019
- G1. Disponível em: <g1.globo.com/rj/regiao-serrana>. Acesso em 27 de abril de 2019
- INEA. Disponível em: <inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Regionais/Piabanha/index.htm&lang=>>. Acesso em 23 de março de 2019
- Pinheiro Lígia - RESERVATÓRIOS DE DETENÇÃO - Disponível em: <http://www.solucoesparacidades.com.br/wpcontent/uploads/2013/09/AF_Reservatorios%20Deten_web.pdf> Acesso em 03 de maio de 2020

- Prefeitura de Petrópolis. Disponível em: <<http://www.petropolis.rj.gov.br/pmp/>>. Acesso em 16 de março de 2019
- Terra Ambiental. Disponível em: <teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/estacao-de-tratamento-de-esgoto-etapas-dos-tratamentos> Acesso em 19 de março de 2019
- UOL – Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimasnoticias/2011/01/20/prefeitura-de-petropolis-rj-divulga-nova-lista-de-desaparecidos-cidade-registra-mais-de-60-mortos.htm>> Acesso em 02 de maio de 2020
- Visite Petrópolis. Disponível em: <visitepetropolis.com/o-que-fazer/perfil/obelisco/>. Acesso em 16 de março de 2019