

Trabalho de Conclusão de Curso –
Engenharia Civil
A INFLUÊNCIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO NOS SISTEMAS DE
DRENAGEM URBANA



Nome	R.A
Gabriel Maciel	4517029
Henrique Molisani	4517040
Rafael Zaratino	4517090

Prof. Adélia Mara Massulo

Trabalho de Conclusão de Curso –
Engenharia Civil

A INFLUÊNCIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO NOS SISTEMAS DE
DRENAGEM URBANA

Nome	R.A
Gabriel Maciel	4517029
Henrique Molisani	4517040
Rafael Zaratino	4517090

Prof. Adélia Mara Massulo

Maciel, Gabriel Henrique da Silva

M138 A influência da impermeabilização nos sistemas de drenagem urbana. /
Henrique Molisani, Rafael Zaratino Spadacio - 2021.
74 f.; 30 cm.

Orientação: Adélia Mara Massulo

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Faculdades Atibaia,
como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil
do Centro Universitário UNIFAAT, 2021.

1. Impermeabilização 2. Método racional 3. Runoff 4. Drenagem urbana 5.
Kirpich I. Molisani, Henrique II. Spadacio, Rafael Zaratino V. Massulo,
Adélia Mara VI. Título

CDD 693.892

Sumário

RESUMO	1
1 INTRODUÇÃO	2
2 OBJETIVO.....	4
2.1 Objetivo Geral	4
2.2 Objetivo Específico.....	4
2.3 Justificativa.....	4
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
3.1 Hidrologia	6
3.2 Bacia Hidrográfica	7
3.3 Intensidade Duração e Frequência (IDF)	9
3.4 Tempo de Concentração.....	10
3.5 Chuvas Intensas	11
3.6 Escoamento Superficial.....	13
3.7 Alagamentos, Enchentes e Inundações	17
3.8 Drenagem Urbana.....	22
4 DESENVOLVIMENTO.....	31
4.1 Estudo de Caso.....	31
4.2.1 Zona Z1 – Zona de Consolidação Urbana	39
4.2.2 Zona Z2 – Zona Especial de Planejamento	41
4.2.3 Zona Z3 – Zona de Adensamento Preferencial.....	43
4.2.4 Zona Z4 – Zona de Qualificação Urbana	45
4.2.5 Zona Z5 – Zona Especial Urbana	47
4.2.6 Zona Z6 – Zona de Desenvolvimento Econômico.....	49
4.2.7 Zona ZEU1 – Zona de Expansão Urbana	50
4.2.8 Zona ZEU2 – Zona Especial de Expansão Urbana.....	52
4.2.9 Zona A1, A2 e A3 – Território de Cultura e Memória – Centro, Quiririm e Imaculada.....	54

4.2	Metodologia Empregada	57
4.3	Resultados	60
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
	REFERÊNCIAS DE IMAGENS.....	72

Lista de Imagem

Imagem 1 - Ciclo da Água	7
Imagem 2 - Bacias Hidrográficas no Brasil	8
Imagem 3 – Pluviograma	9
Imagem 4 - escoamento Superficial.....	14
Imagem 5 - Classificação do nível d'água	19
Imagem 6 - Diferença entre Inundação, Enchente e Alagamento	19
Imagem 7 - Alagamentos em Taubaté	20
Imagem 8 - Alagamento em Taubaté	20
Imagem 9 - Temporal em Bragança Paulista	21
Imagem 10 - Temporal em Bragança Paulista	21
Imagem 11 - Alagamento em Bauru.....	22
Imagem 12 - Alagamento em Bauru.....	22
Imagem 13 - Guia com boca de lobo dupla.....	25
Imagem 14 - Sarjeta.....	26
Imagem 15 – Sarjetão em Av. Brasil - Via extrema MG	26
Imagem 16 – Boca de lobo.....	27
Imagem 17 - Caixas com Grelhas	28
Imagem 18 - Bocas de Lobo Contínua em Avenida 3ª Radial Goiânia GO.....	28
Imagem 19 - Galerias em Rua Poetisa Colombina	29
Imagem 20 - Posto de Visita	29
Imagem 21 – Dispositivo de Chegada.....	30
Imagem 22 - Zoneamento de Taubaté-SP	32
Imagem 23 - Legenda do Zoneamento de Taubaté-SP	32
Imagem 24 - Zona de Consolidação Urbana em 2021	39
Imagem 25 - Zona de Consolidação Urbana 1985.....	40
Imagem 26 - Zona de Consolidação Urbana em 2021 Delimitado	41
Imagem 27 - Zona Especial de Planejamento 2021	41
Imagem 28 - Zona Especial de Planejamento 1985.....	42
Imagem 29 - Zona Especial de Planejamento 2021 Delimitada	43
Imagem 30 - Zona de Adensamento Preferencial 2021	43
Imagem 31 - Zona de Adensamento Preferencial 1985	44
Imagem 32 - Zona de Adensamento Preferencial 2021	44
Imagem 33 - Zona de Qualificação Urbana 2021	45
Imagem 34 - Zona de Qualificação Urbana 1985.....	46
Imagem 35 - Zona de Qualificação Urbana 2021 Delimitada	46
Imagem 36 - Zona Especial Urbana.....	47
Imagem 37 - Zona Especial Urbana 1985.....	48
Imagem 38 - Zona Especial Urbana Delimitada	48
Imagem 39 - Zona de Desenvolvimento Econômico	49
Imagem 40 - Zona de Desenvolvimento Econômico 1985	50
Imagem 41 - Zona de Desenvolvimento Econômico Delimitada	50
Imagem 42 - Zona de Expansão Urbana ZEU 1	51
Imagem 43 - Zona de Expansão Urbana ZEU 1 1985	51
Imagem 44 - Zona de Expansão Urbana ZEU 1 Delimitada	52

Imagem 45 - Zona Especial de Expansão Urbana ZEU2	53
Imagem 46 - Zona Especial de Expansão Urbana ZEU2 1985	53
Imagem 47 - Zona Especial de Expansão Urbana ZEU2 Delimitada	54
Imagem 48 - Território de Cultura e Memória – Centro, Quiririm e Imaculada	55
Imagem 49 - Território de Cultura e Memória – Centro, Quiririm e Imaculada 1985	55
Imagem 50 - Território de Cultura e Memória – Centro, Quiririm e Imaculada Delimitada	56
Imagem 51 - Perfil hipotético do Rio Paraíba do Sul	66

Lista de Euação

Equação 1	10
Equação 2	10
Equação 3	11
Equação 4	12
Equação 5	12
Equação 6	12
Equação 7	12
Equação 8	14
Equação 9	17
Equação 10	17

Lista de Tabela

Tabela 1 - Valores de C, conforme as características de urbanização da bacia.....	15
Tabela 2 – Valores de C baseados nas características detalhadas das diversas superfícies presentes na bacia.....	15
Tabela 3 - Valores de coeficientes para algumas superfícies	16
Tabela 4 - Tabela de zoneamento de Taubaté-SP.....	36
Tabela 5 - Tempo de Concentração.....	57
Tabela 6 - Intensidade Pluviométrica	58
Tabela 7 - Coeficiente de escoamento superficial e vazão para cada Zona em 1985	58
Tabela 8 - Coeficiente de escoamento superficial e vazão para cada Zona em 2021	59
Tabela 9 - Vazão total das Zonas em 1985.....	59
Tabela 10 - Vazão total das Zonas em 2021.....	59

Lista de Gráfico

Gráfico 1 - Distribuição das Zonas em relação a área total estudada.....	56
Gráfico 2 - Proporção de área urbana/desocupada e a área total de cada zona em 1985	60
Gráfico 3 - Proporção de área urbana/desocupada e a área total de cada zona em 2021	61
Gráfico 4 - Comparativo de área urbanizada entre 1985 e 2021.....	61
Gráfico 5 - Comparativo de vazão nas Zonas entre 1985 e 2021	62
Gráfico 6 - Escoamento Superficial Total em Taubaté-SP	62
Gráfico 7 - Escoamento superficial da ocupação em 2106	63
Gráfico 8 - Escoamento superficial em (anos) por Zona	64

RESUMO

Decorrente de grandes cheias notadas nos centros urbanos, foram desenvolvidos métodos que pudessem auxiliar no controle do escoamento superficial com o intuito de prevenir danos causados pela água. Visando isto, a forma criada para esta prevenção é o dimensionamento de redes de drenagem urbana, responsáveis por conduzir a água proveniente de precipitações para cursos d'água de forma controlada. Com o passar do tempo e a expansão urbana é necessário um redimensionamento desse sistema para atender de forma eficaz as novas demandas, sobre o risco de o mesmo não suportar as vazões decorrentes da impermeabilização. Dada a necessidade de um dimensionamento preciso, foram criados métodos científicos com o intuito de auxiliar a obtenção de valores como, volume escoado, tempo de concentração. Observando esta evolução com o passar dos anos, notam-se drásticas mudanças na vazão escoada com relação a impermeabilização decorrente da urbanização, chegando a um aumento de 44,69% de vazão entre 1985 e 2021, e na situação de ocupação total da Zona urbana, houve um aumento de 146,6% de 1985 até 2106.

Palavras chave: Impermeabilização, Método Racional, Runoff, Drenagem Urbana e Kirpich.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem-se notado ocorrências de cheias cada vez maiores e isso pode ser associado ao grande crescimento dos centros urbanos já que essa expansão acaba por aumentar a área de solo impermeável nas cidades que, por reduzir a infiltração da água precipitada, facilita a elevação do nível de curso d'água e em áreas urbanas muito extensas pode acarretar grandes cheias.

A água comporta-se de acordo com um ciclo, o mesmo composto por etapas como evaporação, precipitação, escoamento superficial e infiltração. A região em que ocorre este ciclo pode ser chamada de bacia hidrográfica, onde todo o escoamento e infiltração tendem a convergir em um único ponto, gerando assim um curso d'água ou lençol freático.

Com a presença de fatores impermeabilizantes, tais como, estradas, cidade e residências, acabam por inibir a parcela de água que se infiltraria no solo de fazê-lo, aumentando o volume de água que corre pela superfície em direção a um curso. Este aumento acaba por elevar o nível de rios e córregos fazendo-os, muitas vezes, alagarem suas margens.

Existem nas cidades sistemas criados a fim de conduzir essa água superficial ao curso d'água mais próximo sem que a mesma atrapalhe o tráfego ou invada casas, esses sistemas de drenagem urbana são dimensionados para comportar determinada quantidade de água referente a ocupação no momento do projeto, entretanto com uma rápida expansão estes sistemas tornam-se obsoletos, não sendo mais capazes de conduzir toda a vazão produzida por conta da impermeabilização, o que somado a sobrecarga do curso d'água acabam por gerar alagamentos, enchentes e inundações.

No caso estudado, utilizando o município de Taubaté-SP como base, podem-se obter parâmetros que indiquem a expansão urbana e as consequências que ela pode acarretar, como por exemplo, o aumento do escoamento que é diretamente influenciado pela impermeabilização do solo.

Este escoamento pode ser definido a partir de cálculos de tempo de concentração (T_c), onde é estabelecido o tempo de escoamento para que a água proveniente da chuva escoe do ponto mais alto da bacia até o mais baixo, a intensidade pluviométrica, que a partir de um período de retorno predefinido resulta na quantidade precipitada em um intervalo de tempo, e por fim o coeficiente de

Runoff que define a porcentagem de água que infiltra no solo dependendo de suas características. Após obtidas as variáveis, é possível obter a vazão que escoar em determinada área a partir da fórmula de KIRPICH.

Foram obtidos resultados em duas épocas diferentes, 1985 e 2021, que com a comparação de seus dados, pôde ser observada uma grande diferença nos cálculos de escoamento superficial e também uma diferença considerável na quantidade de área impermeável no município de Taubaté. Com uma média de crescimento entre as duas épocas, é possível definir um período crítico onde Taubaté se encontrará com 100% de impermeabilização em seu território.

Concluiu-se que com o estudo feito o aumento do escoamento superficial decorrente da impermeabilização do solo pode acarretar em um aumento significativo no volume de água escoado superficialmente.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Analisar e comparar a impermeabilização do solo no município de Taubaté-SP, levando em consideração as precipitações máximas e as características definidas pelo Plano Diretor municipal, foram adotadas 2 períodos para parametrizar e comparar a influência da expansão urbana considerando a evolução de cada quadro. São atribuídos dados que permitem o dimensionamento do escoamento superficial do município e qual a relação deste escoamento com a impermeabilização do solo.

2.2 Objetivo Específico

- 2.2.1 Escolha do município, com o critério de possuir informações suficientes para o cálculo das máximas precipitações e com leis de zoneamento bem definidas para servirem de comparação.
- 2.2.2 Através da fórmula de Kirpich modificada, obter o tempo de concentração da bacia, através da equação de chuvas intensas e da equação de Runoff obter o volume de água precipitada que escoar pelo solo nos casos de impermeabilização total e parcial do solo.
- 2.2.3 Comparar a vazão de escoamento em dois períodos predefinidos utilizando os anos de 1985 e 2021, afim de demonstrar o aumento da vazão ao decorrer do tempo em função do aumento da impermeabilização.

2.3 Justificativa

Este trabalho se originou através da percepção de um aumento na frequência e intensidade de cheias e alagamentos em zonas urbanas proveniente do seu rápido crescimento, devido a impermeabilização do solo nessas áreas urbanas, o volume de água escoada superficialmente pode causar uma sobrecarga nos sistemas de

drenagem, resultando assim em cheias e alagamentos, o que pode acarretar em problemas a população local.

A impermeabilização vem se tornando objetos de estudo importantes principalmente por conta do crescimento urbano, o que diretamente influencia nas características do solo, alterando drasticamente o ambiente. Esta alteração conseqüentemente afeta o escoamento superficial nas cidades, onde a alguns anos a urbanização era consideravelmente menor e os sistemas de drenagem conseguiam suportar o volume escoado.

Tão logo esse crescimento urbano seja desenfreado e acarrete na ocupação total dos centros urbanos, incluindo áreas de expansões e bolsões permeáveis, a impermeabilização será uma variável decisiva no dimensionamento do sistema de micro e macro drenagem.

Conhecendo a evolução da ocupação do solo, sua taxa de crescimento e sua alteração no coeficiente de escoamento superficial ao longo do tempo será possível contribuir em um futuro próximo para a determinação dos novos parâmetros de cálculos de macro e micro drenagem.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Hidrologia

A hidrologia é a área da ciência responsável por estudar os fenômenos relativos às águas em todos os seus estados a sua distribuição e ocorrência em cada reservatório, e a relação desse fenômeno com atividades antrópicas, GARCEZ e ALVARES, 1988 (apud ORZENN, 2016).

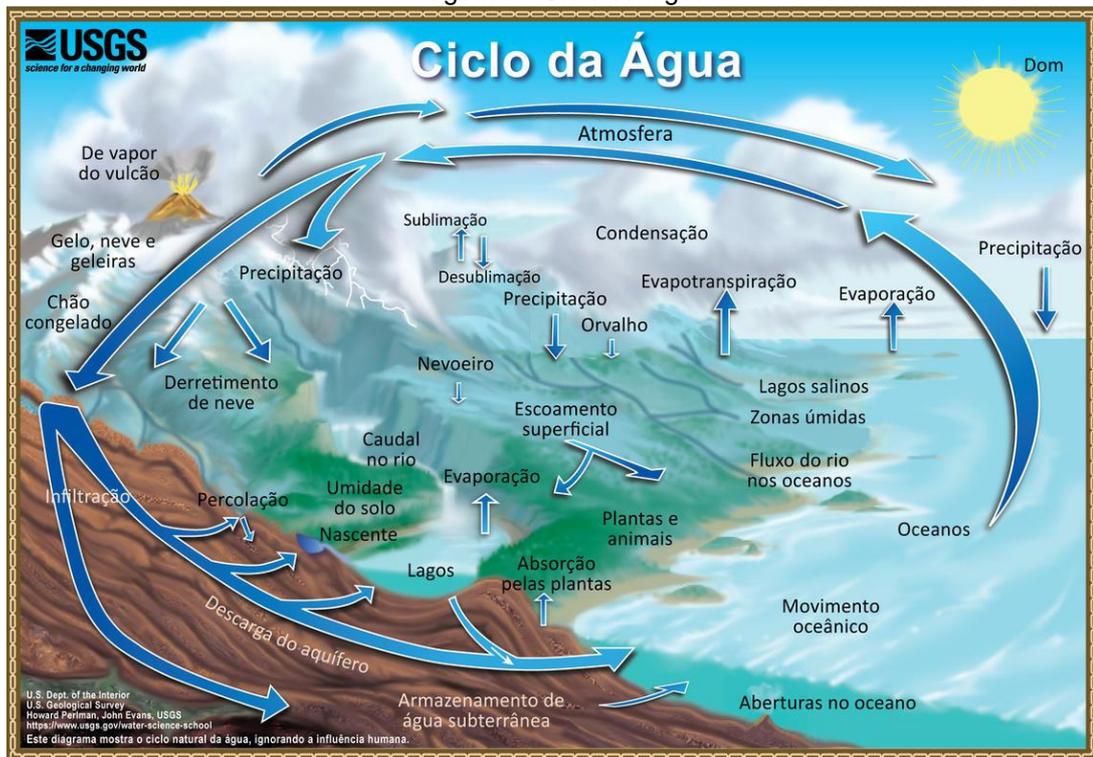
A hidrologia vem crescendo constantemente nos últimos anos e isto é proveniente do incremento significativo da utilização da água e do meio ambiente no globo decorrente da ocupação das bacias hidrográficas, TUCCI e MARQUES, 2000 (apud ORZENN, 2016).

O conhecimento de acontecimentos hidrológicos é importante não só para projetos de drenagem, mas também de impermeabilização, tanto em área urbana quanto rural, fazer este estudo garante ao projetista uma maior facilidade para considerar os riscos que podem existir em uma obra e com essas possibilidades procurar melhores alternativas buscando sempre com um ponto de vista econômico, sem abrir mão de questões técnicas de desempenho e de segurança, Souza et al. 2013 (apud LIMA, 2019).

A hidrologia baseia-se na análise do ciclo hidrológico e para estudarmos este ciclo, podemos analisar a partir do momento, em que a água se evapora dos oceanos e da superfície da terra, passando a fazer parte da atmosfera na forma de vapor d'água.

A partir deste momento passam a se transformar em gotículas que, pela ação da gravidade tornam-se a precipitação pluviométrica, ou seja, a chuva. A partir desta etapa a água pode seguir 2 caminhos, infiltrando através do solo e integrando-se aos reservatórios subterrâneos ou formando o escoamento superficial. As águas pertencentes aos reservatórios subterrâneos fluem na chamada descarga base para os corpos d'água e finalmente quando evaporam, fecha-se o ciclo hidrológico, como mostrado na Imagem 1 (FEAM, 2006).

Imagem 1 - Ciclo da Água



Fonte: USGS (United States Geological Survey) - 2017

3.2 Bacia Hidrográfica

Uma bacia hidrográfica pode ser considerada então um ente sistêmico, onde se realizam os balanços de entrada e saída de água através de chuva e exutório permitindo a delimitação de bacias e sub bacias interconectadas pelos sistemas hídricos (PORTO e PORTO, 2008).

Como descrito por BARRELLA et. al. (2001):

Uma bacia hidrográfica ou bacia pluvial é um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes. Seu contorno é limitado pelas partes do relevo, conhecidas como divisores de águas. As águas das chuvas ou escoam superficialmente formando riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático.

Em todas as bacias hidrográficas têm-se que seguir uma hierarquia, incluindo também noções de dinamismo provenientes de modificação que ocorrem nas linhas divisórias de águas sob ação dos agentes erosivos, aumentando ou diminuindo a área da bacia (FEAM, 2006).

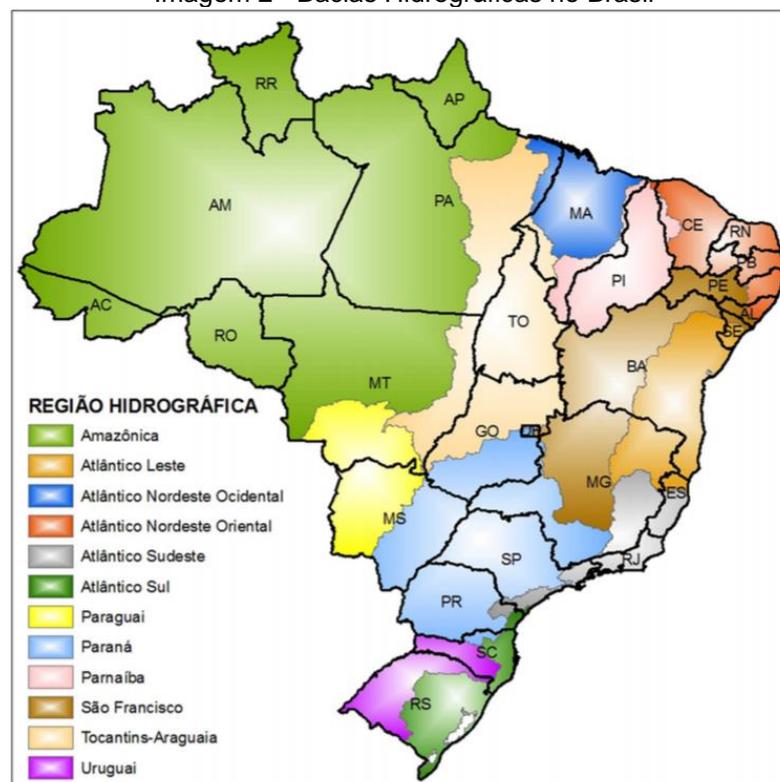
Segundo TEODORO et al. (2007) diversas definições de Bacia Hidrográfica foram formuladas ao longo do tempo. Percebe-se, nesses autores, grande semelhança e consideração deste recorte espacial, baseado na área de concentração de determinada rede de drenagem.

Algumas características podem ser atribuídas através do estudo de uma bacia contribuinte segundo (FEAM, 2006), são elas:

- Formas geométricas, responsável pela delimitação da bacia contribuinte;
- Relevo, declividade do curso da água e declividade da bacia.
- Geomorfologia, para obtenção de uma visão estrutural da região, formato do relevo existente;
- Geologia, com intuito de conhecer a permeabilidade e outras características do terreno.

A imagem 2 demonstra as principais bacias hidrografias no Brasil, segundo a ANA.

Imagem 2 - Bacias Hidrográficas no Brasil



Fonte: SAG/ANA – 2013.

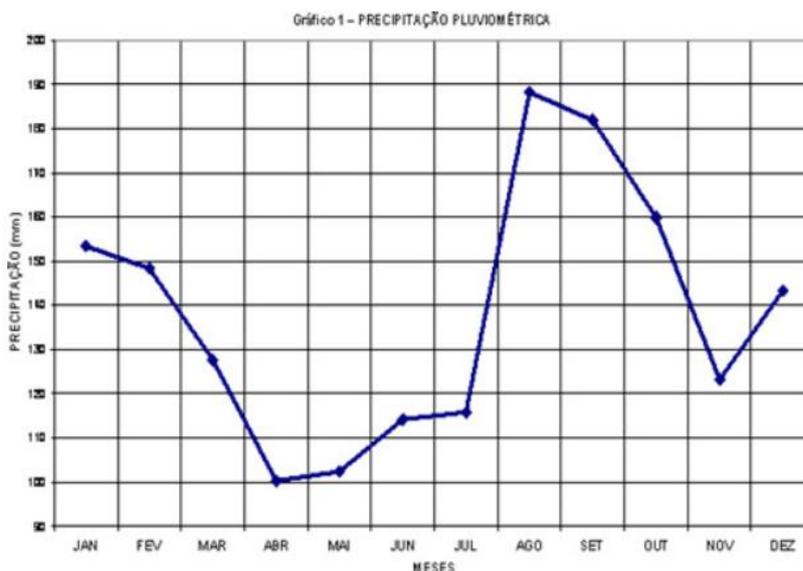
3.3 Intensidade Duração e Frequência (IDF)

Segundo OLIVEIRA et al. (2005) para a utilização prática dos dados de chuva para drenagem é necessário conhecer a intensidade, duração e frequência, uma das formas de relacionar essas características é através do método de Curvas IDF.

Para a obtenção do IDF de um determinado local é necessário o estudo histórico de precipitações com base em dados do pluviômetro, com estes dados é possível desenvolver um gráfico de curvas nas quais são fornecidos os dados de intensidade para dada duração e período de retorno (TISCHER, 2015).

Os pluviômetros registram o volume de chuva em determinado local e relacionam a duração, definindo a intensidade a qual gera-se um gráfico chamado pluviograma (Imagem 3), na qual têm-se no eixo horizontal o tempo e na vertical a precipitação (ARAÚJO, 2017).

Imagem 3 – Pluviograma



Fonte: CPRM - 2014.

Os registros efetuados pelos pluviômetros são fundamentais para o estudo das chuvas de curta duração, sendo essenciais para o desenvolvimento, por exemplo, de galerias pluviais (DULNIK, 2006).

De acordo com GENOVEZ (2011), a altura pluviométrica é a quantidade de água precipitada em uma determinada área comumente expressa em milímetros (mm). A duração é o intervalo de tempo contado entre t_1 e t_2 de uma precipitação (podendo ser ou não o início e o fim da precipitação) geralmente expresso em

minutos (min) ou horas (h). E a intensidade é a relação entre a altura pluviométrica e a duração, expressa em altura/tempo (m/h).

Período de recorrência ou tempo de retorno (T_r), pelas definições do DNIT (2005), são associados ao espaço de tempo em anos onde há probabilidade de ocorrer um fenômeno de grande magnitude, pelo menos uma vez. Quando se trata de hidrologia esse tempo diz respeito a enchentes de projetos que orientarão o dimensionamento, possibilitando um cálculo preciso para que a estrutura suporte está determinada situação sem riscos de ser superada.

3.4 Tempo de Concentração

Tempo de concentração é o tempo de percurso que um deflúvio leva para atingir o curso principal partindo do ponto mais distante da bacia, tendo ainda definido pelo intervalo de tempo entre o início da precipitação e o momento em que todos os pontos da bacia estão contribuindo para a vazão total (DNIT, 2005).

Um das fórmulas empíricas muito utilizadas, foi desenvolvida em 1940 com dados de sete pequenas bacias rurais do Tennessee, variando com suas declividades de 3% à 10% e áreas de no máximo 0,50km². Essa fórmula, equação (1), foi desenvolvida por Kirpich, sendo intitulada da mesma forma (FRANCO, 2004).

$$T_c = 3,989 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385} \quad (1)$$

Onde:

T_c : Tempo de Concentração, em minuto;

L : Comprimento do curso d'água, em km;

S : Declividade do curso d'água, em m.

Para bacias com áreas de drenagem superiores a 1km², o DER/SP recomenda a equação de Kirpich modificada, equação (2), para o cálculo do tempo de concentração (FRANCO, 2004).

$$T_c = 85,2 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (2)$$

Onde:

Tc: Tempo de Concentração, em minuto;

L: Comprimento do curso d'água, em km;

H: Desnível total, em m.

3.5 Chuvas Intensas

Chuva intensa é um fenômeno que ocorre quando uma mesma precipitação, cuja a intensidade ultrapassa certo valor (chuva mínima), essa duração pode variar desde alguns minutos até algumas horas e a área precipitada pode ser de alguns km² até milhares de km² (TISCHER, 2015).

No estado de São Paulo o DAEE (Departamento de água e energia elétrica), que é o órgão responsável pelas medições de precipitação, elaborou em 2018 um estudo no qual se desenvolveu fórmulas para o cálculo das chuvas intensas em alguns municípios os quais possuíam base de dados mais consistentes.

A formulação proposta pelo DAEE para análise da intensidade, duração e frequência foi aplicada em postos cujos as séries históricas apresentavam no mínimo 20 anos de dados para maior confiabilidade, a base para essa formulação foi a proposta por Ven-Te-Chow. Dessa forma, as precipitações intensas máximas anuais atendem à distribuição de Gumbel.

As características matemáticas da distribuição de probabilidades foram preservadas nas estruturas das equações a seguir.

$$i_{t,T} = M_{(i)t} + \sigma_{(i)t} \cdot K_{n,T} \quad (3)$$

Onde:

$i_{t,T}$: Intensidade da chuva (mm/min) para uma duração t (min) e período de retorno T (anos);

$M_{(i)t}$: Média das intensidades médias das chuvas intensas correspondentes à duração t;

$\sigma_{(i)t}$: Desvio-padrão das intensidades médias das chuvas intensas correspondentes à duração t ;

$K_{n,T}$: Fator de frequência para distribuição de Gumbel, função de números da série de precipitações e período de retorno T .

O DAEE também admitiu que a média e o desvio padrão das intensidades médias das chuvas variem com a duração, como mostrado nas equações 4, 5 e 6:

$$M_{(i)t} = A \cdot (t + B)^C \quad (4)$$

$$\sigma_{(i)t} = D \cdot (t + E)^F \quad (5)$$

Onde:

A, B, C, D, E, F são parâmetros determinados para cada posto pluviográfico.

$$K_{n,T} = \frac{(y-\bar{y})}{\sigma_y} = -\left(\frac{\bar{y}}{\sigma_y}\right) - \left(\frac{l}{\sigma_y}\right) \cdot \ln \cdot \ln \left[\frac{T}{T-1}\right] \quad (6)$$

Onde:

y : Variável reduzida da distribuição de Gumbel;

\bar{y} : Média da variável reduzida da distribuição de Gumbel;

σ_y : Desvio-padrão da variável reduzida da distribuição de Gumbel.

Substituindo as equações 4, 5 e 6 na equação 3, tem-se a equação a seguir (7):

$$i_{t,T} = A(t + B)^C + D(t + E)^F \cdot \{G + H \cdot \ln \cdot \ln \left[\frac{T}{T-1}\right]\} \quad (7)$$

Onde:

A, B, C, D, E, F: são referentes a características específicas do posto pluviográfico;

G, H: São referentes as precipitações intensas da série de Gumbel.

Para uma intensidade de chuva constante e igualmente distribuída sobre uma bacia hidrográfica, a vazão a ser verificada numa seção corresponde à duração de chuva igual ao tempo de concentração da bacia (DAEE, 2019).

Segundo TISCHER (2015), ter os parâmetros e conhecimentos para as precipitações intensas de certos locais é de grande importância para o cálculo de projetos de obras hidráulicas, como: dimensionamento de galerias de águas pluviais, telhados e calhas, condutos de drenagem, onde se observa um alto coeficiente de escoamento superficial.

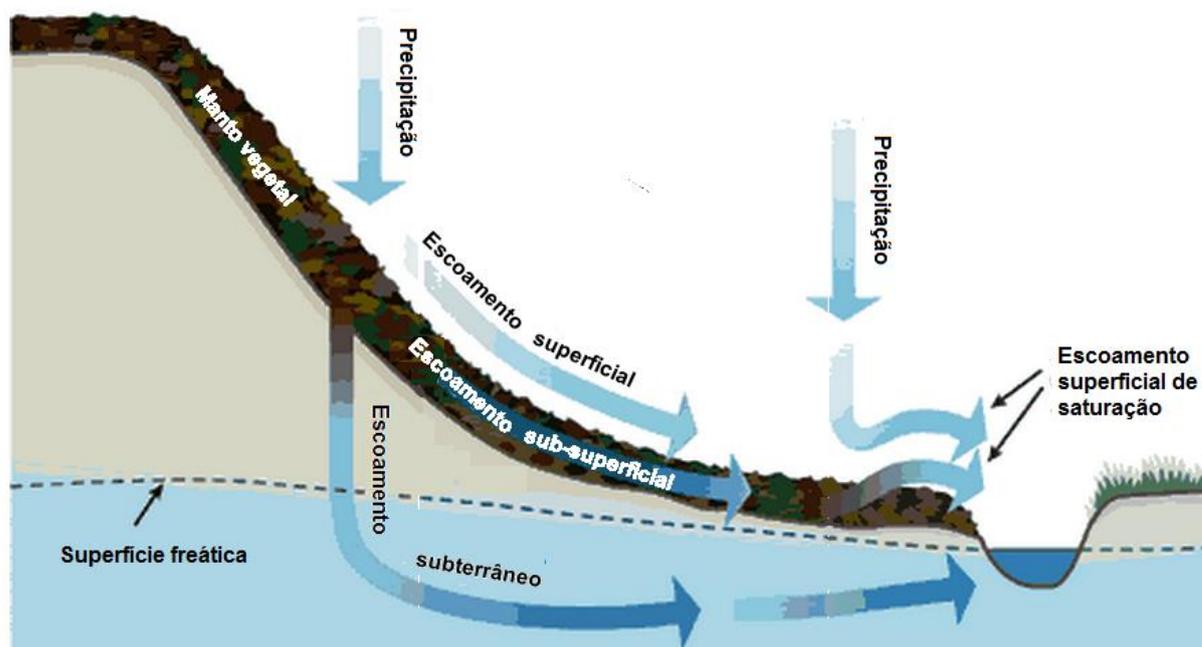
3.6 Escoamento Superficial

Segundos GENOVEZ (2011), o escoamento superficial é um fator do ciclo hidrológico no qual estudamos o escoamento das águas na superfície da terra, englobando desde o excesso de precipitação advindo de uma chuva intensa que ao cair desloca-se livremente pela superfície do terreno até o rio, que pode ser alimentado tanto pelo excesso da precipitação como pelas águas subterrâneas.

Com a precipitação o volume que atinge o solo segue por caminhos diferentes, sendo parte retida em depressões do terreno, outra parte com infiltrações e o restante resulta no escoamento da superfície, quando não há mais a possibilidade de infiltração no mesmo e os espaços da superfície retentora tenham sido totalmente preenchido.

O escoamento superficial direto (Imagem 4) é alterado substancialmente pelo processo de urbanização de uma bacia, principalmente como consequência da impermeabilização da superfície, o que gera picos e vazões maiores. Já no início de uma cidade o desmatamento pode causar aumentos de picos e volumes e consequentemente de outros tipos de problemas como erosão do solo (NETO, 2005).

Imagem 4 - Escoamento Superficial



Fonte: Water Drop - 2016

Com o aumento do escoamento superficial menos água proveniente das precipitações infiltram no solo, o que prejudica o abastecimento de lençóis freáticos e nascentes, além de aumentar a erosão hídrica (SILVA, 2014).

A erosão hídrica consiste no transporte de substâncias químicas pelo escoamento superficial, o que acarreta em contaminação dos corpos d'água, tornando o seu tratamento para consumo mais difícil (RAULHOFER et al. 2001, apud SILVA, 2014).

De acordo com GAROTTI e BARBASSA (2010), o coeficiente de escoamento superficial, equação (8), é baseado em uma série de fatores, como as características da superfície, o tipo de solo, a umidade antecedente, a permeabilidade do solo, a ocupação da bacia, o tempo de concentração. Este coeficiente usualmente é adotado em função de características de urbanização ou de características detalhadas de cada superfície encontrada na bacia, conforme a Tabelas 1 e 2.

$$C = \frac{V_{escoado}}{V_{precipitado}} \quad (8)$$

Onde:

V: Vazão;

C: Coeficiente de escoamento superficial.

Tabela 1 - Valores de C, conforme as características de urbanização da bacia

Zonas	Valores de C
De edificação muito densa: partes centrais densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas;	0,7 a 0,95
De edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas;	0,6 a 0,7
De edificação com pouca superfície livre: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas;	0,5 a 0,6
De edificação com muitas superfícies livres: partes residenciais tipo cidade-jardim, ruas macadamizadas ou pavimentadas;	0,25 a 0,5
De subúrbios com alguma edificação: partes de arrabaldes com pequena densidade de construções;	0,1 a 0,25
De matas, parques e campos de esporte: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques e campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,2

Fonte: VILLELA e MATTOS 1980, apud GAROTTI e BARBASSA, 2010

Tabela 2 – Valores de C baseados nas características detalhadas das diversas superfícies presentes na bacia

Telhados perfeitos sem fuga;	0,7 a 0,95
Superfícies asfaltadas em bom estado;	0,85 a 0,9
Pavimentação de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas;	0,7 a 0,85
Para superfícies anteriores sem as juntas tomadas;	0,5 a 0,7
Pavimentação de blocos inferiores sem as juntas tomadas;	0,4 a 0,5
Estradas macadamizadas;	0,25 a 0,6
Estradas e passeios de pedregulho;	0,15 a 0,3
Superfícies não revestidas, pátios de estradas de ferro e terrenos descampados, parques, jardins, dependendo da declividade;	0,01 a 0,2

Fonte: VILLELA e MATTOS 1980, apud GAROTTI e BARBASSA, 2010

Segundo TUCCI (2000) levando em consideração características da superfície, podem ser definidos valores para o coeficiente C mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores de coeficientes para algumas superfícies

Tipo de Superfície	Valor Médio	C
Cimento e asfalto	0,95	0,90-0,95
Paralelepípedo	0,60	0,58-0,81
Blockets	0,78	0,70-0,89
Concreto e asfalto poroso	0,03	0,05
Solo compactado	0,66	0,59-0,79

Fonte: TUCCI (2000)

O coeficiente de escoamento superficial deve ser proporcional a área impermeabilizada. Na versão original britânica do Método Racional, utilizava-se como coeficiente de escoamento a porcentagem da área impermeabilizada diretamente conectada, ou seja, era considerado 100% do escoamento proveniente dessas áreas (LEE e HEANEY 2003, apud GAROTTI e BARBASSA 2010).

De acordo com GAROTTI e BARBASSA (2010), o coeficiente de escoamento superficial em uma bacia pode ser obtido através da média ponderada, equação (9), dos diversos coeficientes presentes na mesma. Neste caso, cada área (A) apresenta características de urbanização homogêneas em relação ao uso como por exemplo, à sua localização em relação ao centro da cidade, à densidade de edificações, à presença de superfícies livres, entre outros fatores.

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (9)$$

Onde:

C: coeficiente de escoamento superficial médio calculado para a bacia;

Cn: coeficiente de escoamento superficial de área específica dentro da bacia;

An: área (km²) relativa ao coeficiente Cn.

Para que seja possível calcular a vazão de pico é utilizado o Método Racional que foi apresentado pela primeira vez em 1851 por Mulvaney e posteriormente utilizado por Emil Kuichling em 1889, este método, equações (10) e (11), apresenta uma relação entre a precipitação e o escoamento superficial considerando uma seção de estudo. A utilização deste método só é aplicada em pequenas bacias com

área de drenagem inferior a 3km² ou quando o tempo de concentração for inferior a 1 hora (TOMAZ, 2002).

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{360} \quad (10)$$

Onde:

Q: Vazão de pico (m³/s);

C: Coeficiente de escoamento superficial (varia de 0 a 1);

I: Intensidade média da chuva (mm/h);

A: Área da bacia (ha);

Para áreas em km²:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (11)$$

Onde:

Q: Vazão de pico (m³/s);

C: Coeficiente de escoamento superficial (varia de 0 a 1);

I: Intensidade média da chuva (mm/h);

A: Área da bacia (km²).

3.7 Alagamentos, Enchentes e Inundações

Alagamento é definido como o acúmulo de água provocado por chuvas intensas, em áreas parcialmente ou totalmente impermeabilizadas, onde a rede de drenagem pluvial do local não supre a vazão escoada, por fatores de entupimento ou problemas no sistema de drenagem (CPRM, 2017).

O impacto da urbanização nas bacias hidrográficas pode ser resumido na introdução de superfícies impermeáveis que inibem a infiltração e aceleram o escoamento superficial, assim, a fração da precipitação que escoar torna-se significativamente maior. A retificação e impermeabilização de canais aumenta a velocidade do escoamento na bacia, reduzindo seu tempo de resposta (CAMPANA, 1995).

Como resultado dessas transformações físicas na bacia, o aumento das vazões de pico do hidrograma, o aumento do volume escoado superficialmente e a redução no tempo de concentração, os sistemas de drenagem urbana ficam

sobrecarregados o que se traduz no aumento da frequência de enchentes (CAMPANA, 1995).

Segundo SEMADS (2001), enchente é o escoamento superficial advindos de precipitações fortes, a água pluvial busca caminhos oferecidos pela drenagem natural ou artificial até atingir sua capacidade máxima seguindo o sentido do corpo de água receptor final, após atingir o limite esses volumes excedentes invadem áreas marginais onde entram em conflito direto com as áreas ocupadas pelo homem.

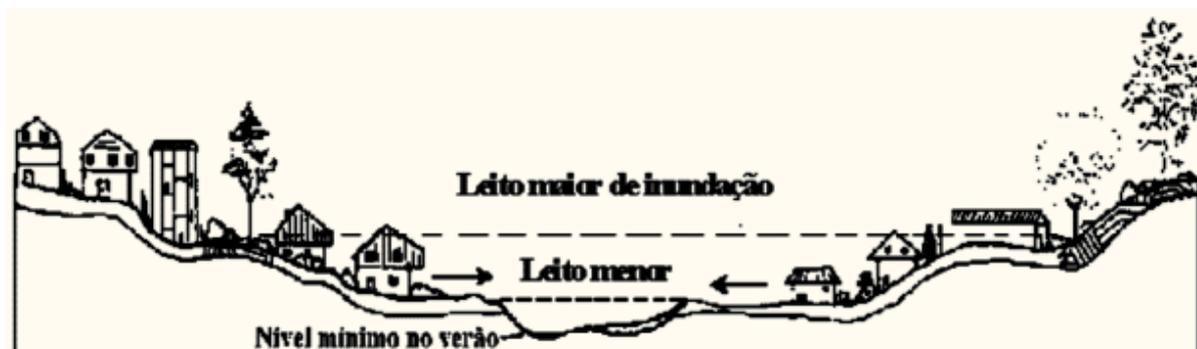
Quanto maior a transformação e modificação da superfície dos terrenos menos permeável fica o solo, diminuindo assim a infiltração das águas e conseqüentemente aumentando o escoamento superficial ocasionando maior probabilidade de inundação.

Segundo a DEFESA CIVIL do estado do Rio de Janeiro, inundações são descritas como "Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas". O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície e alagamentos descritos como: "Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e conseqüente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas".

O escoamento superficial de acordo com TUCCI (2003), pode produzir inundações em áreas urbanas devido a dois processos distintos, atuando isolados ou em conjunto, são essas inundações de áreas ribeirinhas e inundações devido à urbanização.

Os rios geralmente possuem dois leitos, o leito menor onde a água fica a maior parte do tempo e o leito maior o qual é inundado periodicamente conforme imagem 5. Define-se as inundações de áreas ribeirinhas como sendo causada pela ocupação do leito maior de um curso d'água, assim sendo a população local, afetada pelo processo natural do ciclo hidrológico (TUCCI, 2003).

Imagem 5 - Classificação do nível d'água



Fonte: TUCCI (2003)

Inundações devido à urbanização são as que aumentam de frequência e magnitude devido a impermeabilização, ocupação do solo e construção da rede de condutos pluviais. À medida que a cidade se urbaniza, o aumento das vazões máximas e da sua frequência devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais impermeabilizados da superfície (TUCCI, 2003).

A imagem 6, ilustra a diferença entre alagamento, enchente e inundação.

Imagem 6 - Diferença entre Inundação, Enchente e Alagamento



Fonte: DEFESA CIVIL SBS (2011)

De acordo com a notícia publicada pelo G1 no dia 11 de fevereiro de 2021, chuvas acarretaram alagamentos no município de Taubaté (SP), e com base no banco de dados do INMET, a precipitação a qual a notícia se refere foi registrada com uma altura de 30,6 mm, sendo a mais alta do período.

Imagem 7 - Alagamentos em Taubaté

VALE DO PARAÍBA E REGIÃO 

Chuva provoca alagamentos em diversos bairros em Taubaté

Ruas e avenidas em diferentes regiões registraram problemas.

Por G1 Vale do Paraíba e Região

11/02/2021 18h45 · Atualizado há 3 meses



Fonte: <https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2021/02/11/chuva-provoca-alagamentos-em-taubate.ghtml> Acesso em: 07 de jul de 2021.

Imagem 8 - Alagamento em Taubaté



Rua no Bairro Santa Catarina ficou alagada — Foto: Valéria Gonçalves

Foi registrado no dia 10 de janeiro de 2021, em Bragança Paulista (SP), uma chuva de 34,2 mm (base no banco de dados do INMET) a qual gerou diversos pontos de alagamento os quais causaram diversos acidentes como cita a notícia do G1 do dia 11 de janeiro de 2021.

Imagem 9 - Temporal em Bragança Paulista

Vídeo mostra queda de muro de condomínio durante temporal em Bragança Paulista

Apesar do susto, ninguém ficou ferido. Moradores contabilizaram estragos nesta segunda-feira (11).

Por G1 Vale do Paraíba e Região

11/01/2021 19h48 - Atualizado há 4 meses



Fonte: <https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2021/01/11/video-mostra-queda-de-muro-de-condominio-durante-temporal-em-braganca-paulista.ghtml> Acesso em: 07 de jul de 2021.

Imagem 10 - Temporal em Bragança Paulista



Muro de condomínio derrubado em Bragança - Fonte: Vídeo Vanguarda

De acordo com a notícia do G1 de 14 de fevereiro de 2021, houve uma precipitação que causou diversos alagamento no município de Bauru (SP), com os dados do INMET foi medida uma precipitação de 51,8 mm.

Imagem 11 - Alagamento em Bauru

BAURU E MARÍLIA 

Chuva forte deixa vias alagadas e causa interdições em Bauru

Chuva na tarde deste domingo (14) causou transtornos; trânsito ficou totalmente interditado na avenida Nações Unidas sob o viaduto da Fepasa.

Por G1 Bauru e Marília

14/02/2021 16h06 · Atualizado há 3 meses



Fonte: <https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2021/02/14/chuva-forte-deixa-vias-alagadas-e-causa-interdicoes-em-bauru.ghtml> Acesso em: 07 de jul de 2021.

Imagem 12 - Alagamento em Bauru



Avenida Nações Unidas fica alagada em Bauru — Foto: Fernando Savioli/TV TEM

3.8 Drenagem Urbana

De acordo com NETO (2005), drenagem é o termo empregado na designação das instalações destinadas a escoar o excesso de água, seja em rodovias, zona rural ou na malha urbana. A drenagem urbana não se restringe aos aspectos puramente técnicos impostos pelos limites restritos a engenharia, pois compreende o conjunto de todas as medidas a serem tomadas que visem a

atenuação dos riscos e dos prejuízos decorrentes de inundações aos quais a sociedade está sujeita.

De acordo com (RIGHETTO et al., 2017), a expansão urbana caracterizada por uma ocupação de solo muito grande e muitas vezes em um curto período de tempo, origina diversas consequências que se caracterizam principalmente pela impermeabilização das bacias, avanço desordenado da população e uso inadequado da capacidade de suporte do meio.

Segundo TUCCI (2012), a drenagem urbana visa minimizar os danos que a sociedade e o meio ambiente sofrerão com a expansão urbana devido ao excesso de chuva que não pode ser drenado devido a impermeabilização, causando inundações com uma frequência maior.

O caminho traçado e percorrido pelas águas pluviais pode ser topograficamente bem definido, ou não após a implantação de uma cidade, onde o percurso das enxurradas passa a ser determinado pelo traçado das ruas, que acaba se comportando de maneira bem diferente de sua forma original (NETO, 2005).

Segundo a Lei 11.445/07 (BRASIL, 2007) estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, conjunto de serviços públicos, infraestrutura, e instalações operacionais de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e fiscalização preventiva das redes de saneamento básico.

Quando bem projetado, o sistema de drenagem urbana proporciona benefícios indiretos importantes tais como: redução do custo de construção e manutenção de vias; melhoria do tráfego de veículos durante as chuvas; benefícios à saúde e segurança pública; recuperação de terras não aproveitadas; menor custo de implantação de núcleos habitacionais. rebaixamento do lençol freático e saneamento das baixadas (RIGHETTO, 2009).

TUCCI (2007) diz que para a quantificação o sistema de drenagem pode ser separado em micro drenagem e macrodrenagem, onde a microdrenagem envolve, na maioria das situações, o projeto de loteamentos e drenagem específicos, como avenidas ou outro desenvolvimento urbano.

TUCCI (2007) também diz, no caso da microdrenagem, a ocupação já foi definida pelo plano diretor urbano e pelo loteador, por tanto o dimensionamento é realizado dentro de bases conhecidas. quando o dimensionamento envolve somente diâmetros máximos e a bacia é pequena, o método racional é utilizado. já quando nesse projeto se é necessário amortecer enchentes, onde os volumes são importantes, é preciso que sejam utilizados métodos que estimem o hidrograma de projeto.

A suficiência da drenagem urbana é relacionada a implantação desses sistemas a partir de estudos hidrológicos adequados inseridos em um planejamento urbano adequado, partindo de uma visão total que integra também medidas não estruturais (TASCA et al, 2017).

As estruturas que constituem os projetos de obras de microdrenagem são definidas como de captação e condução água que realizam seu trajeto a fim de chegar aos sistemas viários como ruas, praças e avenidas. Isso pode ocorrer de forma direta sobre eles ou indireta, captando a água de edificações e lotes. Sendo composta essencialmente por elementos artificiais associados a pavimentação, seu principal objetivo é garantir as características do tráfego e conforto (SMDU, 2012).

Macro-drenagem destina-se a condução das águas captadas pela drenagem primária, dando prosseguimento ao escoamento dos deflúvios oriundos das ruas, sarjetas, valas e galerias que são elementos de microdrenagem, isso é, correspondendo a rede de drenagem natural preexistente nos terrenos antes da ocupação, sendo constituída pelos córregos, riachos e rios localizados nos talwegues e vales (FUNASA, 2013).

A urbanização tem potencial para aumentar tanto o volume quanto as vazões do escoamento superficial, a influência da ocupação de novas áreas deve ser analisada no contexto da bacia na qual estão inseridas, para que se efetuem ajustes adequados que tendem a minimizar a criação de futuras inundações e demais problemas causados por elas (ROCHA, 2013).

Segundo TUCCI (1997), com o intuito de controlar o impacto do escoamento devido a urbanização na macrodrenagem, tem-se como principal forma de controle a canalização, onde o canal é dimensionado para escoar uma vazão de projeto com tempos de retorno que variam de 25 a 100 anos.

Microdrenagem pode ser definida, segundo a FUNASA (2013), como condutos pluviais a nível de loteamento ou rede primária urbana que propicia a

ocupação do espaço urbano ou periurbano por uma forma artificial de assentamento, adaptando-se ao sistema de circulação viária.

Dos elementos da microdrenagem urbana, BOTELHO (1998), AZEVEDO NETTO (1998), CARVALHO (2010), CREDER (2011) e SANTOS JÚNIOR (2013) apud. SANTOS JÚNIOR (2014) citam:

- I. As guias que tem a função de limitar o passeio e leito carroçável (ruas, avenidas, rodovias), são produzidas a partir de concreto simples, normalmente pré moldado, sendo comumente chamado de meio-fio.

Imagem 13 - Guia com boca de lobo dupla



Fonte: Autor

- II. Sarjetas que são utilizadas para a fixação das guias e para formar o local por onde a água irá escoar, conduzindo-as até os pontos de coleta. São feitas de concreto simples ou granito e argamassa.

Imagem 14 - Sarjeta



Fonte: Autor

- III. Sarjetões que são canais longitudinais geralmente triangulares localizados entre a guia e o leito carroçável, interligando as sarjetas ou destinando as águas pluviais para os pontos de coleta. São constituídos de paralelepípedos ou concreto simples.

Imagem 15 – Sarjetão em Av. Brasil - Via extrema MG



Fonte: Google Maps

- IV. Bocas de lobo que são dispositivos que captam águas pluviais sendo assim encontradas nas sarjetas, é o instrumento mais usual de captação. Trata-se do rebaixamento das sarjetas, da tampa de cobertura de concreto armado, das guias, das conexões da caixa até as galerias pluviais e caixa de captação, apresenta a possibilidade de serem ligados em série com outras bocas de lobo.

Imagem 16 – Boca de lobo



Fonte: Autor

- V. Caixas com grelhas ou ralos que servem para captações verticais de águas pluviais, devem ser utilizadas em locais planos, ou seja, com ausência de declividade transversal, no meio dos leitos carroçáveis de frente a edificações com presença de carros. Esse mecanismo retém resíduos desnecessariamente, apresentando assim, uma única desvantagem.

Imagem 17 - Caixas com Grelhas



Fonte: Autor

- VI. Bocas contínuas de captação que são usualmente utilizadas onde há um corpo hídrico receptor por perto, como exemplo, avenidas marginais aos rios. São similares às bocas de lobo e tem como a principal vantagem a captação ser mais confiável que as bocas de lobo devido ao seu comprimento e por desvantagem, tem o fato de ser muito custoso para sua para sua construção.

Imagem 18 - Bocas de Lobo Contínua em Avenida 3ª Radial Goiânia GO



Fonte: Google Maps

- VII. Galerias de contenção de águas pluviais conduzem as águas que foram coletadas pelos implementos de captação que são as bocas de lobo e as caixas de grelhas, são formados por tubos de ligação. Assim, essa tubulação direciona as águas para uma canalização principal, cujos diâmetros variam de 300 mm a até 2000 mm.

Imagem 19 - Galerias em Rua Poetisa Colombina



Fonte: Google Maps

- VIII. Poços de visitas são os dispositivos predestinados a permitir visitas de inspeção, limpeza e também a desobstrução de galerias enterradas, geralmente são instaladas em cruzamentos de ruas.

Imagem 20 - Posto de Visita



Fonte: Autor

- IX. Dispositivos de chegada de águas pluviais nos córregos ou rios depreciam a ocorrência das erosões ou de perturbações no corpo receptor. São utilizadas pedras para assoalhar ou concreto para que o derramamento de água pluvial nos canais, rios e córregos não acarretem em erosão.

Imagem 21 – Dispositivo de Chegada



Fonte: Autor

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Estudo de Caso

Para a comparação foi escolhido um município que atendesse a alguns critérios chave, tais quais possuir um plano diretor bem definido e de fácil acesso, mapa de zoneamento contendo todas as zonas urbanas atualizadas e que apresentem um alto índice de impermeabilidade, ter uma equação de chuvas intensas definida pelo DAEE.

Uma vez o município se encaixando nos requisitos, foi analisado sua área de forma que seu tamanho não tornasse a execução do projeto inviável.

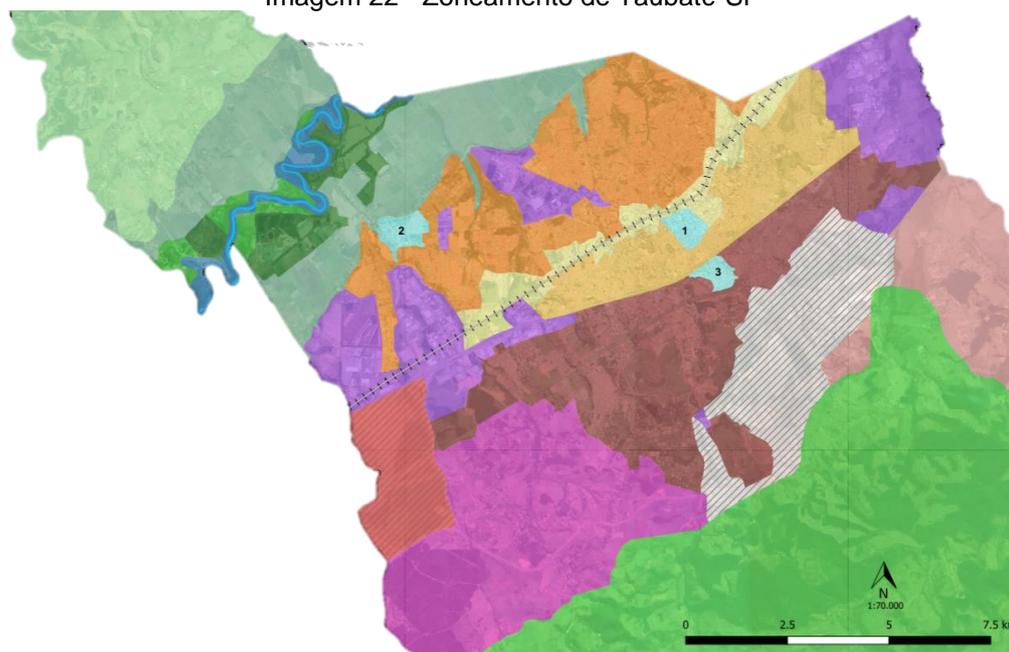
O município selecionado será o município de Taubaté-SP, o qual apresenta um mapa de zoneamento de fácil entendimento, acesso e boa precisão (Imagem 22 e 23), possui um plano diretor bem definido e estruturado (Tabela 4), onde será comparado o escoamento superficial em diversas situações para a mesma região.

Taubaté é um município de São Paulo situado no Vale do Paraíba, que contém 625 km² de área territorial e uma população estimada de 318 mil habitantes, município que começou como uma antiga aldeia indígena dos Guaianás, conhecida por Itaboaté, o município nasceu entre o córrego Convento Velho e um afluente, hoje canalizado e com bioma predominantemente formado por Mata-Atlântica (IBGE, 2020).

Segundo o IBGE (2020), o primeiro nome dado ao município registrado foi em 1965, dado como São Francisco das Chagas Taubaté, apenas em 1842 foi elevado a condição de cidade com a denominação de Taubaté, que se originou do Tupi “Tab-a-etê”, taba verdadeira, residência do chefe ou, segundo outros, “Tauha-b-etê”, muito barro ou argila.

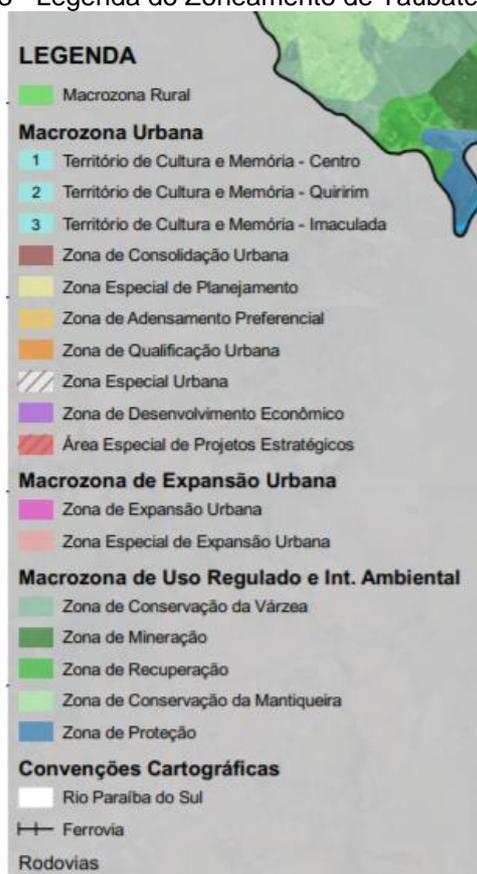
Este trabalho aborda o aumento do escoamento superficial urbano ao longo do tempo, comparando períodos de tempo diferentes e analisando os resultados com relação a influência da expansão urbana no escoamento superficial. Serão usados três cenários na cidade de ocupação, no ano de 1985, onde encontra-se o primeiro registro fotográfico via satélite do Google Earth, no ano de 2021.

Imagem 22 - Zoneamento de Taubaté-SP



Fonte: Adaptado Prefeitura de Taubaté-SP

Imagem 23 - Legenda do Zoneamento de Taubaté-SP



Fonte: Adaptado Prefeitura de Taubaté-SP

Segundo os Artigos 178, 181, 185, 191, 197, 202, 220, 232, 233, 241, 242, 209, LEI COMPLEMENTAR Nº 412, DE 12 DE JULHO DE 2017, Projeto de autoria do Prefeito Municipal, institui o Plano Diretor Físico do Município de Taubaté e dá outras providências, sobre todas as Zonas de Taubaté:

Art. 178 A Zona de Consolidação Urbana está localizada ao sul da rodovia Presidente Dutra, possui ocupações urbanas densas ao longo da rodovia e mais espaçadas em direção ao sul, dentro do perímetro urbano, estabelecido por lei vigente e tem os seguintes objetivos:

- I. Adequar às estruturas viárias à necessidade de expansão territorial;
- II. Coordenar as futuras ocupações do território; e
- III. Melhorar utilização da malha urbana e a infraestrutura instalada como forma de evitar a rarefação do processo de urbanização.

Art. 181 Para o objetivo de coordenar as futuras ocupações do território, ficam estabelecidas as seguintes medidas urbanísticas:

- I. Regulamentar o uso e ocupação do solo, através do Plano Diretor, que deverá levar em consideração os aspectos de ocupação futura do território da zona; e
- II. Exigir do empreendedor o atendimento das exigências quanto à infraestrutura de novos parcelamentos.

Art. 185 A Zona Especial de Planejamento está localizada ao longo da ferrovia, que

cruza o território. Esta zona acompanha o seu entorno com início na área do distrito industrial do Piracangaguá e finaliza no limite da cidade confrontando com município de Tremembé e incorpora áreas ocupadas e adensadas e áreas degradadas no entorno da linha férrea e tem os seguintes objetivos:

- I. Promover a recuperação da paisagem urbana;
- II. Estimular a ocupação, incluindo usos mistos; e
- III. Promover a ocupação de áreas subutilizadas e não ocupadas.

Art. 191 A Zona de Adensamento Preferencial está localizada entre a ferrovia e a rodovia Presidente Dutra desde o distrito industrial de Piracangaguá, até o Distrito Industrial do Una e tem os seguintes objetivos:

- I. Diversificar as atividades e gerar novos empregos;
- II. Promover o adensamento; e
- III. Estimular a manutenção da estrutura urbana compacta e o aproveitamento de investimentos realizados na região, como nas pistas

locais e marginais da rodovia Presidente Dutra em consonância com o Plano Municipal de Mobilidade Urbana.

Art. 197 A zona de qualificação urbana está localizada ao norte da ferrovia compreendida entre a divisa Distrito Industrial do Piracangaguá com o município de Tremembé ficando estabelecidos os seguintes objetivos:

I. Melhorar a utilização da malha urbana e da infraestrutura instalada como forma de evitar a rarefação do processo de urbanização; e

II. Diversificar as atividades.

Art. 202 A Zona Especial Urbana está localizada em torno dos rios Itaim e Una, com ocupações urbanas espaçadas, mescladas com atividades rurais, na porção urbana do município, em porção do território especialmente afetada por processos de assoreamento e onde o crescimento da urbanização merece cuidados adicionais e tem os seguintes objetivos:

I. Reforçar a preservação ambiental;

II. Adotar uma baixa densidade de ocupação compatível com as características ambientais da região;

III. Controlar o crescimento urbano de forma a evitar conflitos urbanos e ambientais; e

IV. Controlar a ocupação urbana de característica sustentável, compatível com as características ambientais da região, especialmente no que se refere à presença do rio Una e sua bacia.

Art. 220 A Zona de Desenvolvimento Econômico engloba regiões distribuídas dentro do território, principalmente localizadas nas porções leste e oeste do município. Esta zona abriga os distritos industriais existentes, e será destinada a implantação de novas áreas industriais, com permissão para presença de comércios e serviços fortemente geradores de incômodo ou de grande porte, além de equipamentos institucionais e educacionais compatíveis com as atividades desta zona. Para esta zona ficam estabelecidos os seguintes objetivos:

I. Estimular a manutenção e ampliação do setor industrial no município;

II. Coibir a aproximação do uso residencial dos distritos industriais e dos usos econômicos de grande impacto;

III. Fortalecer economicamente o município através da infraestrutura adequada para instalação de novas indústrias e estabelecimentos comerciais e de serviços; e

IV. Propiciar ao município áreas para o estímulo de serviços de grande porte visando maior desenvolvimento do setor.

Art. 232 A Zona de Expansão Urbana está localizada ao sul da Macrozona Urbana, entre o limite do município de Caçapava e o limite do município de Pindamonhangaba, passando pelo trecho da Rodovia Oswaldo Cruz ao sul do bairro Marlene Miranda. Apresenta predomínio do uso rural na atualidade, com eventual ocorrência de parcelamentos de solo irregulares. Caracteriza-se pela ausência de infraestrutura urbana.

Art. 233 Para a Zona de Expansão Urbana, ficam estabelecidos os seguintes objetivos:

I. Transformar em área urbanizada, como processo sequencial à consolidação da Macrozona Urbana, o que implica em desestímulo à sua ocupação imediata;

II. Condicionar a urbanização à presença de infraestrutura urbana;

III. Desestimular a ocupação tendo em vista a manutenção do patrimônio ambiental da região e a consolidação prévia da Macrozona Urbana; e

IV. Impor elementos urbanos e usos econômicos (priorizando comércio e serviços) nos projetos de ocupação.

Art. 241 A Zona Especial de Expansão Urbana está localizada ao sudeste da Macrozona Urbana, limitada pelos rios Una, Itaim e limite municipal com Pindamonhangaba.

§ 1º - Caracteriza-se pelo uso predominantemente rural e ocupação rarefeita, pela ausência de infraestrutura urbana, na forma de sistema de distribuição de água, sistemas de coleta e tratamento de esgotamento sanitário e com dependência de estradas originalmente rurais.

§ 2º - Esta zona possui limitada capacidade de suporte ao aumento de tráfego e a presença do rio Una é fator de destaque nesta porção de Taubaté, em função do seu caráter de manancial e necessidade de proteção, em função do intenso processo de assoreamento.

Art. 242 Para a Zona Especial de Expansão Urbana, ficam estabelecidos os seguintes objetivos:

I. Desenvolver a ocupação urbana, assegurando a implantação de adequada infraestrutura urbana e respeitando as características ambientais da região, especialmente no que se refere à presença do rio Una e sua bacia;

II. Promover uma urbanização de forma controlada, em consoante com a capacidade de expansão das infraestruturas urbanas ou ainda da definição de sistemas autônomos; e

III. Promover a conexão do sistema viário com os empreendimentos aprovados de forma a manter uma unidade da malha urbana.

Art. 209 Ficam definidas as seguintes áreas para o território de cultura e memória:

I. Área 1: Centro comercial e histórico de Taubaté;

II. Área 2: Distrito de Quiririm; e

III. Área 3: Bairro da Imaculada.

Após definição e análise tanto geográfica quanto socialmente de todas as Zonas, foram definidos parâmetros que devem ser seguidos e respeitados em cada uma delas, sendo eles, o uso do solo, as dimensões que podem ser edificadas, levando em consideração seu coeficiente de aproveitamento e sua taxa de permeabilidade como mostrado na tabela 4, proveniente do Plano Diretor de Taubaté.

Tabela 4 - Tabela de zoneamento de Taubaté-SP

Zona	Usos Permitidos e Usos Admitidos		Taxa de Permeabilidade (%)
Zona de Consolidação Urbana - Z1	Residencial	Unifamiliar	20
		Multifamiliar	
	Não Residencial (Comércio, Serviços, Institucional e Industrial)		

Zona	Usos Permitidos e Usos Admitidos		Taxa de Permeabilidade (%)
	Misto		
Zona Especial de Planejamento - Z2	Residencial	Unifamiliar	20
		Multifamiliar	
	Não Residencial (Comércio, Serviços, Institucional e Industrial)		
	Misto		
Zona de Adensamento Preferencial - Z3	Residencial	Unifamiliar	15
		Multifamiliar	
	Não Residencial (Comércio, Serviços, Institucional e Industrial)		
	Misto		
Zona de Qualificação Urbana - Z4	Residencial	Unifamiliar	20
		Multifamiliar	
	Não Residencial (Comércio, Serviços, Institucional e Industrial)		
	Misto		
Zona Especial Urbana - Z5	Residencial	Unifamiliar	25
		Multifamiliar	
	Não Residencial (Comércio, Serviços, Institucional e Industrial)		
	Misto		

Zona	Usos Permitidos e Usos Admitidos		Taxa de Permeabilidade (%)
Zona de Desenvolvimento Econômico – Z6	Não Residencial		15
Território de Cultura e Memória do Centro - A1	Residencial	Unifamiliar	15
		Multifamiliar	
	Não Residencial (Comércio, Serviços, Institucional e Industrial)		
	Misto		
Território de Cultura e Memória do Quiririm - A2	Residencial	Unifamiliar	20
		Multifamiliar	
	Não Residencial (Comércio, Serviços, Institucional e Industrial)		
	Misto		
Território de Cultura e Memória da Imaculada - A3	Residencial	Unifamiliar	15
		Multifamiliar	
	Não Residencial (Comércio, Serviços, Institucional e Industrial)		
	Misto		
Zona de Expansão Urbana - ZEU 1	Residencial	Unifamiliar	25
		Multifamiliar	
	Não Residencial (Comércio, Serviços, Institucional e Industrial)		

Zona	Usos Permitidos e Usos Admitidos		Taxa de Permeabilidade (%)
	Misto		
Zona Especial de Expansão Urbana - ZEU 2	Residencial	Unifamiliar	30
		Multifamiliar	
	Não Residencial (Comércio, Serviços, Institucional e Industrial)		
	Misto		

Fonte: Adaptado Prefeitura de Taubaté

4.2.1 Zona Z1 – Zona de Consolidação Urbana

A Zona Z1, que possui uma área de 28,10 km² aproximadamente, ocupa 18,60% de toda a área estudada do município, apresentada na imagem a seguir com uma linha na tonalidade vermelha que representa a delimitação da Zona e em azul demonstrando sua área urbanizada, foi demarcada com auxílio da imagem 22 que segue o Plano Diretor do município de Taubaté, possuindo também, segundo o mesmo, uma taxa de permeabilidade de 20%, onde até 80% das áreas dos lotes urbanos podem ser ocupadas e impermeabilizadas.

Imagem 24 - Zona de Consolidação Urbana em 2021



Fonte: Google Earth Adaptado

Localizada ao sul da linha ferroviária, até então não foi totalmente ocupada, tendo seu maior desenvolvimento urbano próximo as divisas da Zona de Adensamento Preferencial. Segundo imagens obtidas através do Google Earth a ocupação da Zona Z1 no ano de 1985 se dava da maneira ilustrada na Imagem 25, tendo a maioria de sua área desocupada com uma pequena parcela equivalente a aproximadamente 20,41% urbanizada situada ao norte.

Imagem 25 - Zona de Consolidação Urbana 1985



Fonte: Google Earth Adaptado

No ano de 2021 a urbanização na área cresceu consideravelmente para o sul da Zona, não o bastante para uma ocupação total, porém o suficiente para torna-la predominantemente urbanizada o que influencia diretamente na impermeabilização do solo. Contendo urbanização preferencialmente residencial totalizando aproximadamente 57,55% da área total da Zona Z1, demonstrou um crescimento de aproximadamente 37,14% em um intervalo de tempo de 35 anos, tal fato decorrente é decorrente da implementação de loteamentos nas margens da Zona.

Imagem 26 - Zona de Consolidação Urbana em 2021 Delimitado



Fonte: Google Earth Adaptado

4.2.2 Zona Z2 – Zona Especial de Planejamento

Com uma área de 6,67km² aproximadamente como, a Zona Z2 conta com uma taxa de permeabilidade obrigatória mínima de acordo com o Plano Diretor de 0,2, ou seja, pelo menos 20% do lote deve ser permeável. De acordo com a imagem 27, o contorno e localização são apresentadas na imagem a seguir com uma linha na tonalidade vermelha demonstrando a delimitação da Zona e em azul demarcando sua área permeável, foi traçada com auxílio da imagem 22 que segue o Plano Diretor do município de Taubaté.

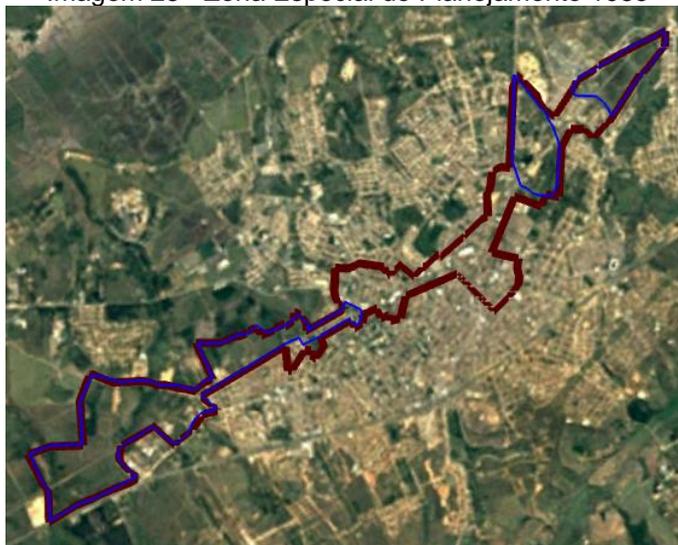
Imagem 27 - Zona Especial de Planejamento 2021



Fonte: Google Earth Adaptado

Em 1985 sua urbanização era inferior a metade da Zona, sendo esta de aproximadamente 2,42km², equivalente a 36,35% de toda a área. Concentrada principalmente no centro do município onde está situada a ferrovia, como mostra a imagem 28 a seguir.

Imagem 28 - Zona Especial de Planejamento 1985



Fonte: Google Earth Adaptado

Atualmente, em 2021 a Zona Z2 expandiu sua ocupação e quase duplicou sua área impermeável, chegando a aproximadamente 4,06km² o que equivale a 60,92% de toda a área. O principal motivo para tal crescimento dá-se a sua localização no centro do município. A disposição ocupacional é mista, contendo bastante empresas e residências por toda sua distribuição como na imagem a seguir.

Imagem 29 - Zona Especial de Planejamento 2021 Delimitada



Fonte: Google Earth Adaptado

4.2.3 Zona Z3 – Zona de Adensamento Preferencial

Localizada ao sul da ferrovia e ao norte da rodovia Presidente Dutra a Zona Z3 ou Zona de Adensamento Preferencial, dentre as outras Zonas é a mais propícia a ser totalmente ocupada, com uma área de aproximadamente 12,25 km², representa 8,11% de todas as zonas urbanas do município. Apresentada na imagem a seguir com uma linha na tonalidade vermelha que representa a delimitação da Zona e em azul demonstrando sua área ocupada, foi demarcada com auxílio da imagem 22 que segue o Plano Diretor do município de Taubaté.

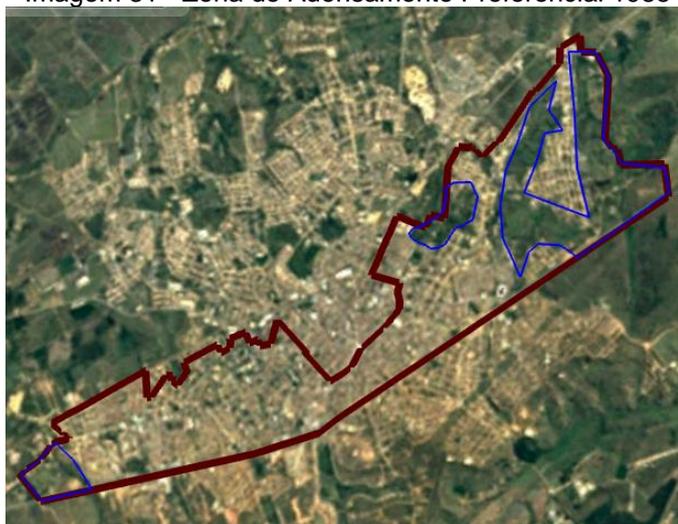
Imagem 30 - Zona de Adensamento Preferencial 2021



Fonte: Google Earth Adaptado

No ano de 1985, grande parte da Zona Z3 já era ocupada, possuindo aproximadamente 72,86% de sua área já urbanizada, distribuída ao longo da zona exceto por suas extremidades Leste e Oeste as quais não se encontravam ocupadas, como demonstrado na Imagem 31 a seguir.

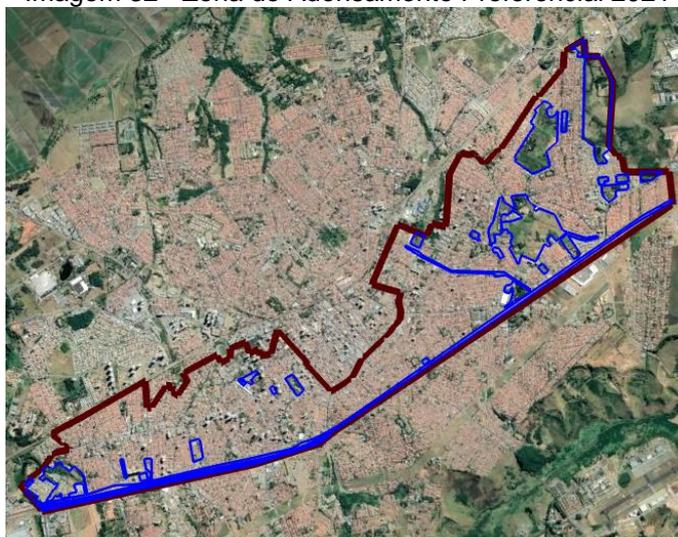
Imagem 31 - Zona de Adensamento Preferencial 1985



Fonte: Google Earth Adaptado

Atualmente, em 2021, a Zona Z3 apresenta aproximadamente 82,57% de área ocupada, demonstrando um crescimento de 9,72% de sua urbanização. Sendo uma Zona mista, onde seu propósito é promover adensamento populacional e geração de novos empregos, restam poucas áreas que ainda não foram utilizadas para essa finalidade, como mostra a Imagem 32.

Imagem 32 - Zona de Adensamento Preferencial 2021



Fonte: Google Earth Adaptado

4.2.4 Zona Z4 – Zona de Qualificação Urbana

A Zona de Qualificação Urbana apresenta uma área de aproximadamente 23,34 km², representando 15,52%, de todo território, sendo a terceira maior Zona do município, a diversidade de ocupação varia desde áreas residenciais até áreas comerciais. Apresentada nas imagens que seguem com uma linha na tonalidade vermelha que representa a delimitação da Zona e em azul demonstrando sua área ocupada, foi demarcada seguindo o mapa de Zoneamento da Imagem 22, que segue o Plano Diretor do município de Taubaté.

Imagem 33 - Zona de Qualificação Urbana 2021



Fonte: Google Earth Adaptado

Em 1985 notou-se que havia uma área de aproximadamente 8,11 km² ocupada, sendo a mesma equivalente a 34,61% de toda a Zona, esta ocupação pode ser observada ao norte, onde o centro urbano já possuía uma distribuição considerável, ao sul nota-se pouca ocupação por conta do não desenvolvimento urbano até o momento, como mostra na Imagem 34 a seguir.

Imagem 34 - Zona de Qualificação Urbana 1985

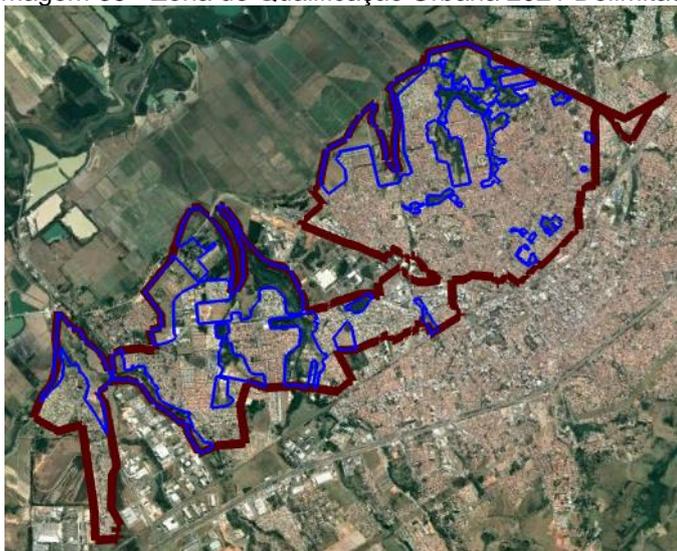


Fonte: Google Earth Adaptado

De acordo com as Imagens do Google Earth, em 2021 a ocupação urbana possui uma distribuição de aproximadamente 71,63% que está presente em toda a Zona, demonstrando um crescimento de 37,02%. É possível notar a presença de indústrias e grandes loteamentos implantados ao sul, onde em 1985 havia uma pequena taxa de ocupação.

A área ainda não ocupada da zona que equivale aos 28,37% é decorrente da presença de rios, lagos e áreas que ainda não foram aproveitadas.

Imagem 35 - Zona de Qualificação Urbana 2021 Delimitada



Fonte: Google Earth Adaptado

4.2.5 Zona Z5 – Zona Especial Urbana

Apresentada na imagem que segue com uma linha na tonalidade vermelha que representa a delimitação da Zona, a segunda linha em vermelho dentro da zona Z5 representa uma porção da Zona Z1 como visto anteriormente na Imagem 24, a demarcação na cor azul representa suas áreas urbanas, esta demarcação segue o mapa de Zoneamento da Imagem 22, advindo do Plano Diretor do município de Taubaté.

Localizada ao Leste do Centro Urbano, esta Zona possui uma área de aproximadamente 15,4 km² o que equivale a 10,19% de toda a área do município.

Imagem 36 - Zona Especial Urbana



Fonte: Google Earth Adaptado

No ano de 1985 por conta de sua localização a urbanização ainda não tinha se expandido a ponto de ocupar a Zona Z5, acarretando em 0% de área ocupada.

Imagem 37 - Zona Especial Urbana 1985



Fonte: Google Earth Adaptado

Atualmente em 2021, nota-se que a ocupação já está instaurada na área, porém não representa uma área urbanizada com uma densidade elevada, isto se deve a preocupações ambientais e sociais que se tem no local, com uma área urbanizada de 3,17% sua maior concentração é decorrente do Aeroporto de Taubaté, que se localiza ao norte da Zona.

Imagem 38 - Zona Especial Urbana Delimitada



Fonte: Google Earth Adaptado

Após obtenção de dados das tabelas 6 e 7 da metodologia empregada, o escoamento superficial da Zona Z5 é de 46,78 m³/s em 1985, no ano de 2021 passou a ser de 73,25 m³/s.

4.2.6 Zona Z6 – Zona de Desenvolvimento Econômico

Dentre as Zonas estudadas, a Zona Z6 é a que possui as características geográficas mais dispersas ao longo do município, possuindo uma área cumulativa de aproximadamente 22,31 km² que correspondem a 14,76% do município, como mostra a Imagem 39 a seguir. A Zona é dividida em 5 glebas localizadas principalmente nas extremidades da cidade e em pontos estratégicos que facilitassem o desenvolvimento industrial sem a possibilidade de construções residenciais na mesma. Apresentada nas imagens que seguem com uma linha na tonalidade vermelha que representa a delimitação da Zona e em azul demonstrando sua área ocupada, foi demarcada seguindo o mapa de Zoneamento da Imagem 22, que segue o Plano Diretor do município de Taubaté.

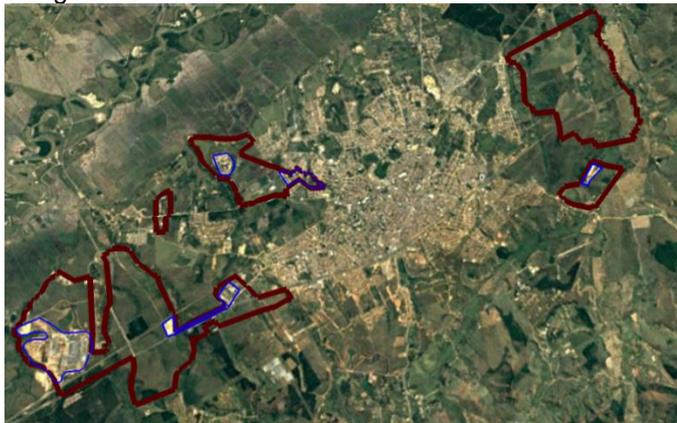
Imagem 39 - Zona de Desenvolvimento Econômico



Fonte: Google Earth Adaptado

No de 1985 ainda não era observada uma alta taxa de ocupação na Zona, sendo ela de aproximadamente 11,69% com relação a área total da mesma, isto se deve ao fato de não serem permitidas construções residenciais no local. Observa-se que as construções existentes na época, eram poucas e principalmente constituídas por indústrias. Este fato provavelmente atribui-se ao baixo desenvolvimento do município o que o tornava menos atrativo a grandes indústrias e prestadoras de serviços.

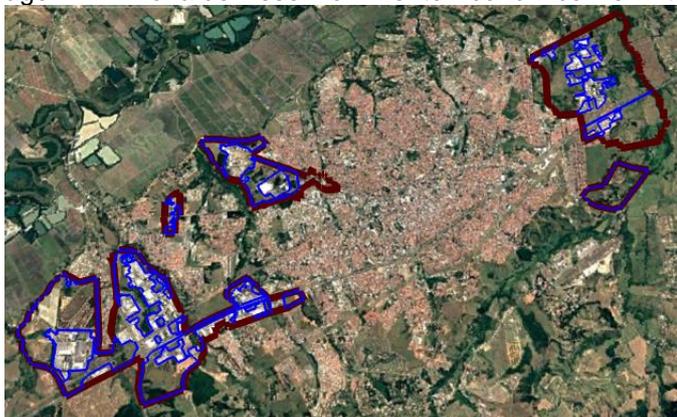
Imagem 40 - Zona de Desenvolvimento Econômico 1985



Fonte: Google Earth Adaptado

Em 2021, com o crescimento do município observa-se que os polos industriais já se encontram em um desenvolvimento considerável, sendo ele de aproximadamente 33,19%, isto está correlacionado a expansão urbana que influenciou de maneira direta no aumento da Zona Z6. O seu crescimento se comparado ao ano de 1985, foi de 21,49%, nota-se que as construções são estritamente industriais.

Imagem 41 - Zona de Desenvolvimento Econômico Delimitada



Fonte: Google Earth Adaptado

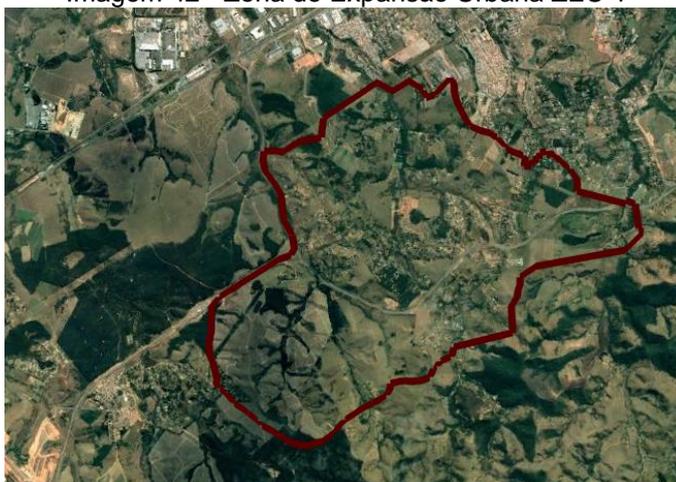
Conforme tabela 6 e 7 da metodologia empregada, o escoamento superficial da Zona Z6 é de 93,54 m³/s em 1985, no ano de 2021 passou a ser de 140,90 m³/s.

4.2.7 Zona ZEU1 – Zona de Expansão Urbana

Localizada ao Sul do município de Taubaté a Zona ZEU1, possui uma área de aproximadamente 28,35 km², sendo a maior Zona dentre as analisadas, com 18,76% do total. De acordo com suas características geográficas com relação ao

centro urbano, ela tende a possuir uma baixa taxa de ocupação como demonstrado na Imagem 42. Apresentada nas imagens que seguem com uma linha na tonalidade vermelha que representa a delimitação da Zona e em azul demonstrando sua área ocupada, foi demarcada seguindo o mapa de Zoneamento da Imagem 22, que segue o Plano Diretor do município de Taubaté.

Imagem 42 - Zona de Expansão Urbana ZEU 1



Fonte: Google Earth Adaptado

No ano de 1985 a Zona ZEU1 era totalmente desocupada como mostra na Imagem 43 a seguir, com uma taxa de ocupação de 0%. Essa característica é decorrente do desenvolvimento do centro urbano, que ainda não era desenvolvido o suficiente para tornar a Zona ZEU1 atrativa.

Imagem 43 - Zona de Expansão Urbana ZEU 1 1985

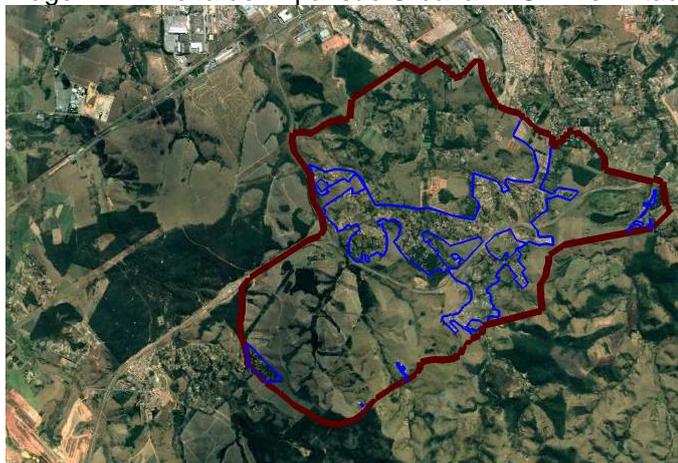


Fonte: Google Earth Adaptado

No ano de 2021, a ZEU1 teve aumento de 5,29% em sua ocupação, que se deve ao fato de implantações de loteamentos e possíveis parcelamentos de solo que podem ser regulares ou irregulares. A maior ocupação está localizada no

centro da Zona. A exploração da mesma se deve ao fato de o centro urbano ter expandido a ponto de tornar-se mais viável sua ocupação na Zona ZEU1.

Imagem 44 - Zona de Expansão Urbana ZEU 1 Delimitada



Fonte: Google Earth Adaptado

4.2.8 Zona ZEU2 – Zona Especial de Expansão Urbana

Localizada ao sudeste da Zona Urbana e dividida em duas glebas a ZEU2 possui aproximadamente 12,44 km² de área cumulativa, sendo o mesmo 8,23% de todas as Zonas, como demonstra a Imagem 45 a seguir, a Zona também apresenta a maior taxa de permeabilidade dentre todas as outras estudadas, possuindo 30% de TP. Apresentada nas imagens que seguem com uma linha na tonalidade vermelha que demonstra a delimitação da Zona e em azul apresentando sua área urbanizada, foi representada seguindo o mapa de Zoneamento da Imagem 22, que segue o Plano Diretor do município de Taubaté.

Imagem 45 - Zona Especial de Expansão Urbana ZEU2



Fonte: Google Earth Adaptado

Em 1985, a Zona ZEU2 era totalmente desocupada como demonstrado na Imagem 46, com uma taxa de ocupação de 0%, isto se deve ao fato de na época não existir abastecimento de água e nenhuma outra infraestrutura adequada para a implantação de residências e outras construções.

Imagem 46 - Zona Especial de Expansão Urbana ZEU2 1985



Fonte: Google Earth Adaptado

Em 2021 nota-se uma ocupação equivalente a aproximadamente 4,52% da Zona, tornando-se dentre as macrozonas a que menos obteve desenvolvimento urbano, tal fato é decorrente das características geográficas do meio, possuindo rios e uma porção de mata virgem que ainda se encontram no local.

Imagem 47 - Zona Especial de Expansão Urbana ZEU2 Delimitada



Fonte: Google Earth Adaptado

4.2.9 Zona A1, A2 e A3 – Território de Cultura e Memória – Centro, Quiririm e Imaculada

As Zonas de Território de Cultura e Memória, possuem uma área cumulativa de aproximadamente 2,15 km² o que contempla 1,42% de todas as Zonas em estudo, três subdivisões compõe o Território de Cultura e Memória, sendo eles, as Zonas A1, A2 e A3, como mostrado na Imagem 48.

O Centro comercial e histórico de Taubaté ou Zona A1, tem como principal objetivo manter a revitalização de imóveis com importância histórica visando restaurar as culturas históricas de Taubaté, como residências e até mesmo comércio.

O Distrito de Quiririm ou Zona A2, tem como objetivo assegurar especialmente a baixa densidade de ocupação favorecendo o turismo e a preservação da memória.

O Bairro da Imaculada ou Zona A3, com objetivo de manutenção do patrimônio histórico material e imaterial do município, visa restaurar construções com potencial para se tornarem patrimônio além de influenciar serviços específicos de artesãos.

Apresentada nas imagens que seguem com uma linha na tonalidade vermelha que demonstra a delimitação da Zona e em azul apresentando sua área urbanizada, foi representada seguindo o mapa de Zoneamento da Imagem 22, que segue o Plano Diretor do município de Taubaté.

Imagem 48 - Território de Cultura e Memória – Centro, Quiririm e Imaculada



Fonte: Google Earth Adaptado

No ano de 1985, as três Zonas já possuíam uma ocupação considerável, com 100% na Zona A1, 31,41% na Zona A2 e com 72,36% na Zona A3. O Centro Comercial Histórico de Taubaté, possuía esta taxa por conta de sua localização, sendo ela no centro urbano, o Distrito de Quiririm por sua vez ainda não havia sido totalmente ocupado por conta de a expansão urbana não ter atingido seu território, nele havia a presença de construções residenciais e comerciais, no Bairro da Imaculada observa-se que também por conta de sua localização o território já se encontrava com uma taxa consideravelmente alta de ocupação.

Imagem 49 - Território de Cultura e Memória – Centro, Quiririm e Imaculada 1985



Fonte: Google Earth Adaptado

Atualmente em 2021, a Zona A1 dentre todas as estudadas é a única que já possuía uma ocupação de 100%, o que por sua vez, não sofreu alterações, já na Zona A2 observa-se que por conta da expansão sua ocupação obteve um crescimento de 43,67%, atingindo 75,09% de toda a Zona, sendo dentre as três a que obteve uma expansão mais expressiva. A Zona A3 obteve um crescimento de

21,73%, atingindo 94,09% do seu território, isso deve-se ao fato de sua localização estar no centro urbano do município

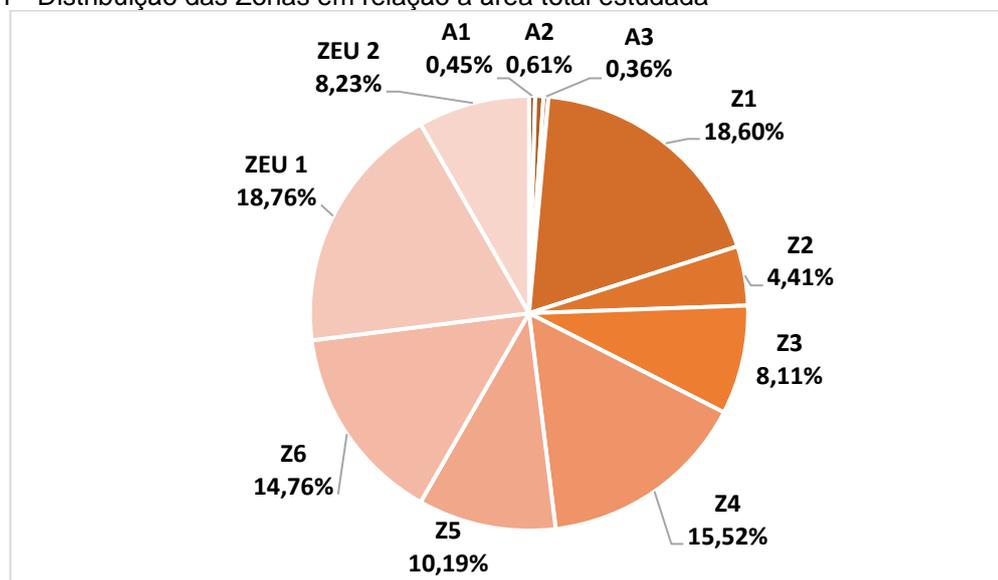
Imagem 50 - Território de Cultura e Memória – Centro, Quiririm e Imaculada Delimitada



Fonte: Google Earth Adaptado

Com todas as Zonas demarcadas é possível obter a distribuição de cada uma delas em relação a área total, como demonstrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Distribuição das Zonas em relação a área total estudada



Fonte: Autor

4.2 Metodologia Empregada

Para a realização dos cálculos propostos, foi desenvolvida uma planilha de cálculos abrangente contendo as características da bacia previamente delineada em Taubaté.

Utilizando das características geográficas da bacia, obtidas através do Google Earth, tais como o ponto mais alto e o mais baixo e a distância entre esses pontos, foi calculado o tempo de concentração (T_c) através da equação 2.

$$T_c = 85,2 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (2)$$

Tabela 5 - Tempo de Concentração

Ponto mais Alto	703 m
Ponto mais Baixo	537 m
Comprimento (L)	7060 m
Diferença de Altura (H)	166 m
Tempo de Concentração (t)	113,78 min

Fonte: Autor

Foram obtidas informações junto ao DAEE e a equação de chuvas intensas (Equação 7), usando o tempo de concentração (T_c) e o período de retorno (T) de 100 anos, torna-se possível o cálculo estimado da intensidade pluviométrica da bacia em mm/h.

$$i_{t,T} = A(t + B)^C + D(t + E)^F \cdot \{G + H \cdot \ln \cdot \ln \left[\frac{T}{T-1} \right]\} \quad (7)$$

Tabela 6 - Intensidade Pluviométrica

A	B	C	D	E	F	G	H
54,53	30	-0,9637	11,03	20	-0,9116	-0,474	-0,8839
t		113,78 min					
T		100 anos					
i T,t		0,9 mm/min					
		54,6 mm/h					

Fonte: Autor

Também foi elaborado o cálculo para a obtenção do coeficiente de escoamento superficial (C equivalente) ou Runoff através da equação 9, que compara o coeficiente de escoamento superficial de áreas urbanas (C¹) especificado pelo Plano Diretor ao coeficiente de áreas desocupadas (C²) obtido considerando o pior caso para áreas desocupadas descrito na Tabela 2, para cada zona especificada anteriormente em dois períodos diferentes, 1985 e 2021. Com o coeficiente de escoamento superficial de cada zona foi calculado a vazão escoada de cada zona nos dois períodos, 1985 e 2021 através da equação 11.

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (9)$$

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (11)$$

Tabela 7 - Coeficiente de escoamento superficial e vazão para cada Zona em 1985

Zona	Área das Zonas (km ²)	C ¹	Área Urbana em 1985 (km ²)	C ²	Área Desocupada em 1985 (km ²)	C equivalente	Q (m ³ /s)
A1	0,68	0,85	0,68	0,2	0,00	0,8500	8,8257
A2	0,92	0,8	0,29	0,2	0,63	0,3885	5,4487
A3	0,55	0,85	0,39	0,2	0,15	0,6703	5,5512
Z1	28,10	0,8	5,73	0,2	22,36	0,3225	137,6484
Z2	6,67	0,80	2,42	0,2	4,24	0,4181	42,3457
Z3	12,25	0,85	8,93	0,2	3,33	0,6736	125,3544
Z4	23,44	0,80	8,11	0,2	15,33	0,4076	145,1852
Z5	15,40	0,75	0,00	0,2	15,40	0,2000	46,7768
Z6	22,31	0,80	2,61	0,2	19,70	0,2760	93,5436
ZEU 1	28,35	0,75	0,00	0,2	28,35	0,2000	86,1398
ZEU 2	12,44	0,70	0,00	0,2	12,44	0,2000	37,7912
Soma	151,11					Soma	734,6107
	C equivalente	0,32					

Fonte: Autor

Tabela 8 - Coeficiente de escoamento superficial e vazão para cada Zona em 2021

Zona	Área das Zonas (km ²)	C ¹	Área Urbana em 2021 (km ²)	C ²	Área Desocupada em 2021 (km ²)	C equivalente	Q (m ³ /s)
A1	0,68	0,85	0,68	0,2	0,00	0,8500	8,8257
A2	0,92	0,8	0,69	0,2	0,23	0,6505	9,1240
A3	0,55	0,85	0,51	0,2	0,03	0,8116	6,7211
Z1	28,10	0,8	16,17	0,2	11,93	0,5453	232,7861
Z2	6,67	0,80	4,06	0,2	2,61	0,5655	57,2734
Z3	12,25	0,85	10,12	0,2	2,13	0,7367	137,1083
Z4	23,44	0,80	16,82	0,2	6,63	0,6304	224,5258
Z5	15,40	0,75	3,17	0,2	12,23	0,3132	73,2541
Z6	22,31	0,80	7,40	0,2	14,91	0,4157	140,8987
ZEU 1	28,35	0,75	5,29	0,2	23,06	0,3027	130,3616
ZEU 2	12,44	0,70	0,56	0,2	11,88	0,2226	42,0652
Soma	151,11					Soma	1062,9441
		C equivalente	0,46				

Fonte: Autor

Somadas essas vazões e relacionando através da área e a intensidade da região já mencionadas anteriormente obtém-se uma vazão total para todas as zonas. Também foi calculado a média ponderada entre os coeficientes usando a equação 9 sendo possível assim o cálculo de um coeficiente equivalente para a zona como um todo. Utilizando a área total da bacia e a intensidade pluviométrica (i), todos já calculados, e aplicando novamente a equação 11 para obter uma vazão equivalente para toda a região de Taubaté analisada.

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (11)$$

Tabela 9 - Vazão total das Zonas em 1985

Área da Bacia (A)	151,11 km ²
Coeficiente de Runoff (C)	0,32
Q	734,6107 m ³ /s

Fonte: Autor

Tabela 10 - Vazão total das Zonas em 2021

Área da Bacia (A)	151,11 km ²
Coeficiente de Runoff (C)	0,46
Q	1062,9441 m ³ /s

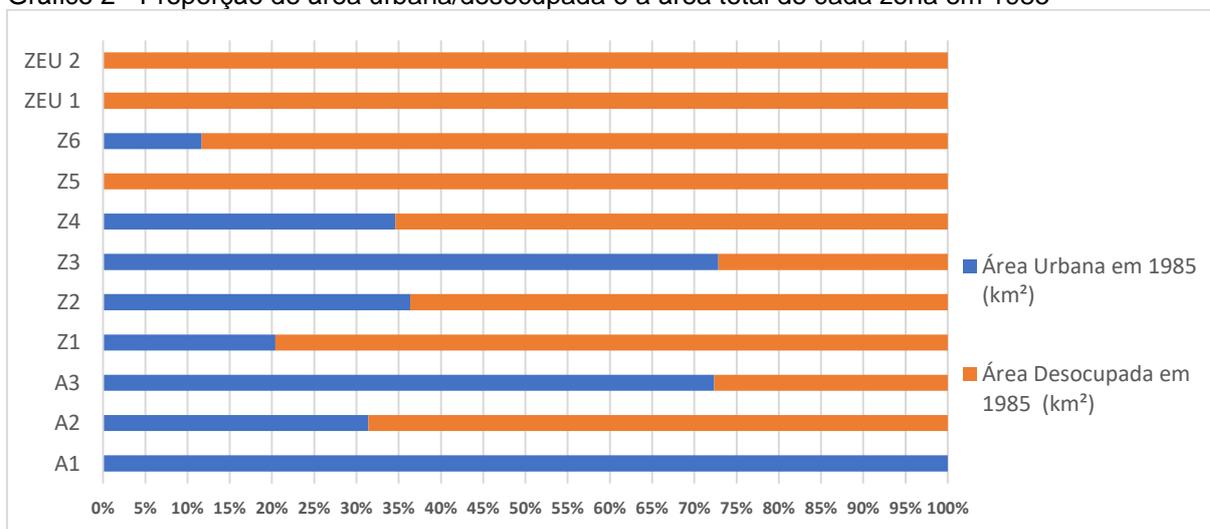
Fonte: Autor

4.3 Resultados

Após comparativo de dados e cálculos obtidos, pode-se observar uma drástica mudança no escoamento superficial com o passar dos anos, em 1985 a baixa densidade urbana resultou em um escoamento de 734,61 m³/s conforme cálculo feito na Metodologia Empregada localizado nas Tabelas 7 e 9, onde em uma área total de todas as Zonas estudadas no município de Taubaté com aproximadamente 151,11 km², obteve esse escoamento por conta de aproximadamente 19,31% de sua totalidade estar urbanizada, resultando em 29,17 km² de área impermeabilizada.

Esta distribuição pode ser observada no Gráfico 2, que ilustra a proporção de área urbana que cada Zona abrange tendo em vista a área total da mesma. Como ilustrado, oito das onze Zonas não chegaram em sua época a ter uma ocupação de 50%, com três Zonas não possuindo nenhuma urbanização.

Gráfico 2 - Proporção de área urbana/desocupada e a área total de cada zona em 1985



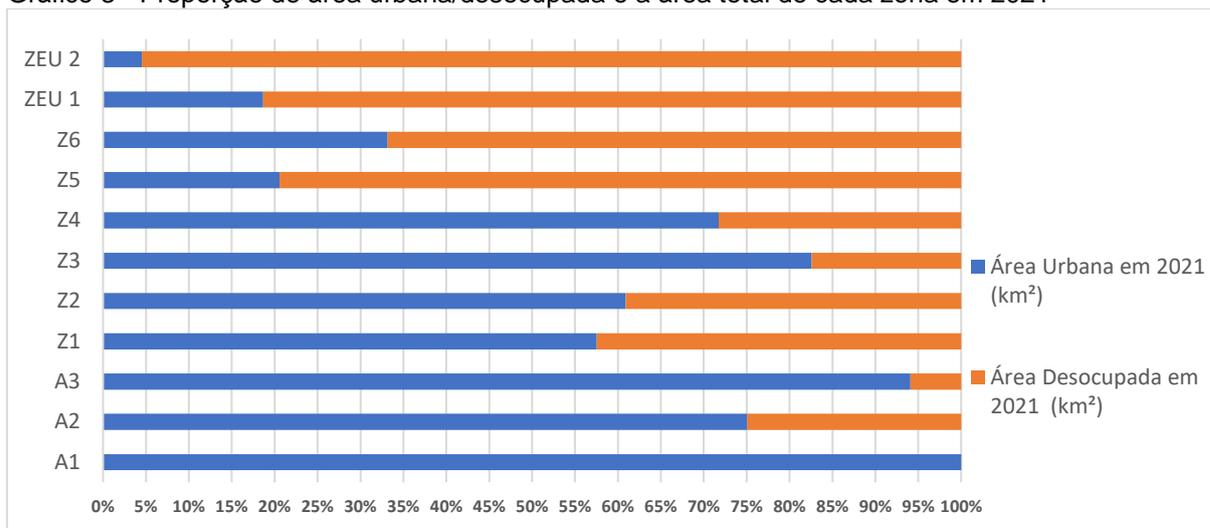
Fonte: Autor

Após 36 anos, em 2021, o aumento da densidade urbana resultou em um escoamento de 1062,94 m³/s conforme dados obtidos nas tabelas 8 e 10 da Metodologia Empregada. Este crescimento pode ser explicado por conta de a impermeabilização na área do município ter aumentado, visto que comparando a área urbana obtida em 1985, observa-se que a urbanização mais que dobrou,

chegando à marca de aproximadamente 239,23%, resultando em 65,48 km² de área urbanizada.

Este crescimento pode ser observado no Gráfico 3, onde constata-se o aumento de área urbana em praticamente todas as Zonas, exceto as que já possuíam uma ocupação de 100%. Apenas quatro das onze Zonas atualmente possuem uma urbanização inferior a 50% do total de sua área.

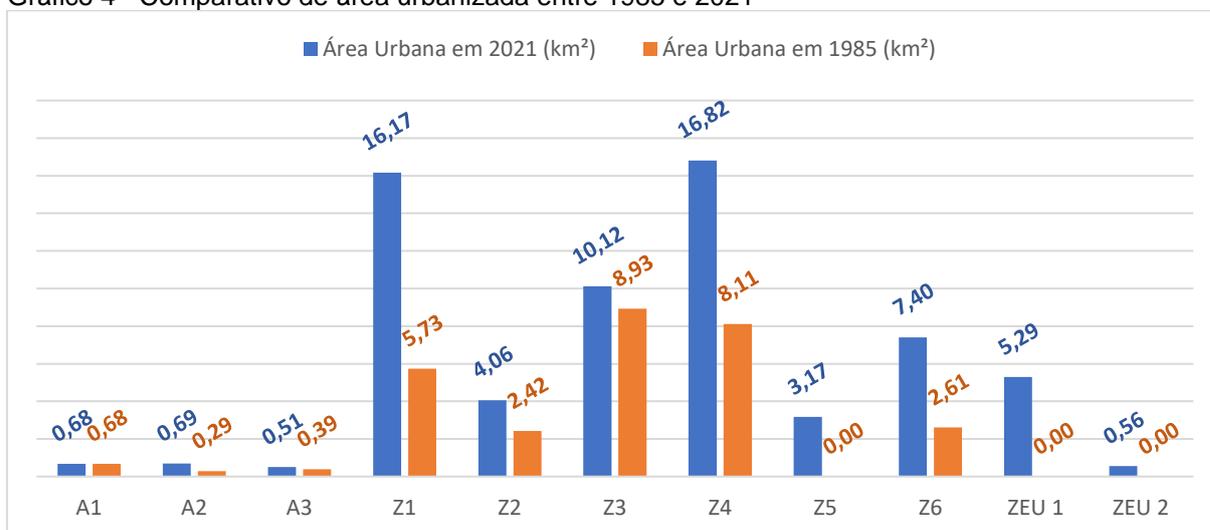
Gráfico 3 - Proporção de área urbana/desocupada e a área total de cada zona em 2021



Fonte: Autor

Com os dados obtidos é possível plotar o Gráfico 4 onde é demonstrado o comparativo de urbanização em cada Zona entre os anos de 1985 e 2021, conseguindo assim, verificar a expansão de cada Zona individualmente.

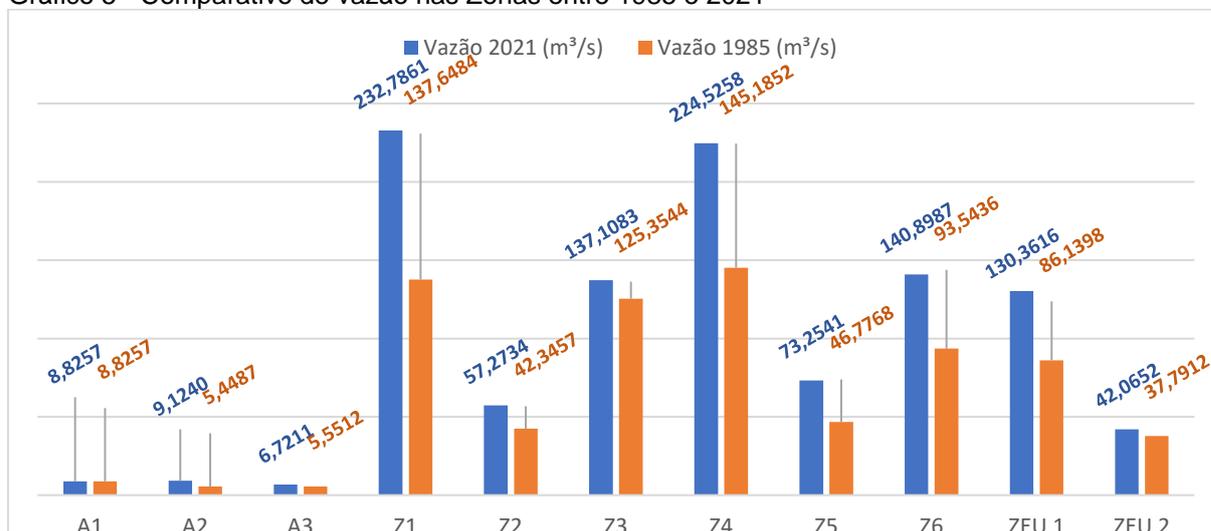
Gráfico 4 - Comparativo de área urbanizada entre 1985 e 2021



Fonte: Autor

Com todos os parâmetros obtidos e cálculos feitos em relação a vazão dos anos de 1985 e 2021, nota-se um aumento significativo na vazão escoada superficialmente em cada Zona, como ilustrado no Gráfico 5.

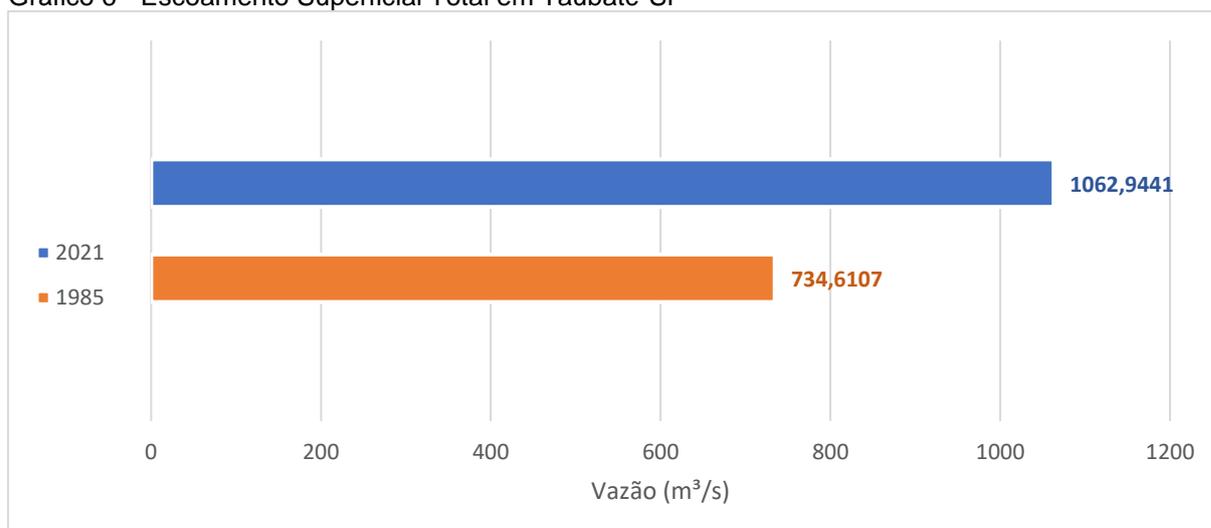
Gráfico 5 - Comparativo de vazão nas Zonas entre 1985 e 2021



Fonte: Autor

Portanto, ao analisar todas as Zonas de maneira unificada, consegue-se observar em todo seu território uma vazão macro do município, percebendo assim que desde 1985 o aumento do escoamento superficial para 2021, onde de 734,61 m³/s passaram a ser 1062,94 m³/s respectivamente, esse valor escoado aproximado mostra um crescimento unificado de Taubaté, ilustrado no Gráfico 6.

Gráfico 6 - Escoamento Superficial Total em Taubaté-SP

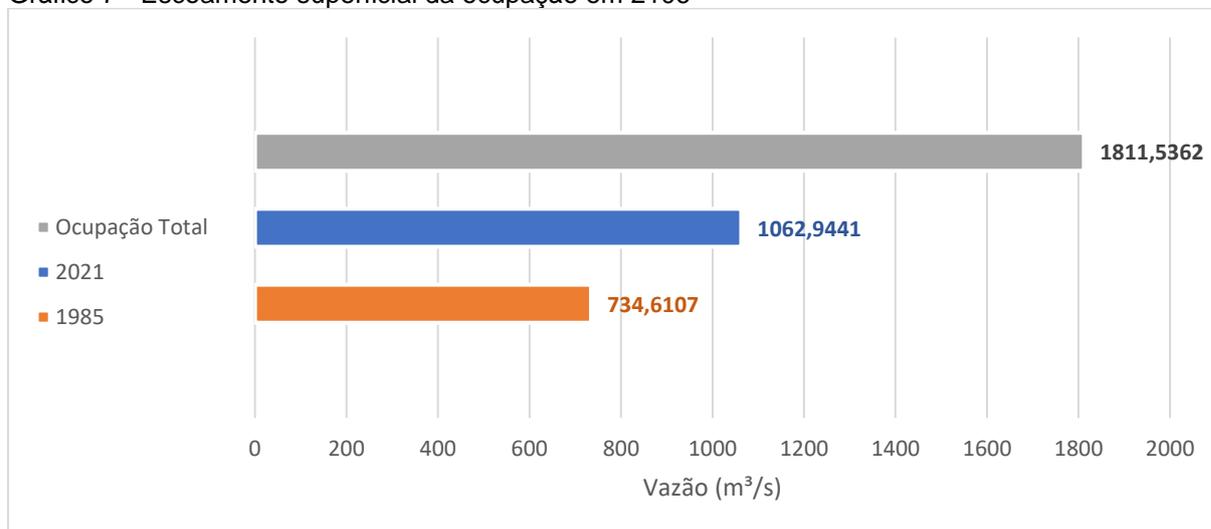


Fonte: Autor

Através da variação de área de 1985 à 2021 observa-se um crescimento urbano linear hipotético equivalente a 0,67% ao ano. Utilizando esta média de crescimento é possível atribuir uma estimativa final, sendo está uma previsão futura visando a ocupação total do solo. Como analisado na Metodologia Empregada, o crescimento do escoamento superficial é proporcional ao crescimento da urbanização, em 85 anos Taubaté estará totalmente urbanizada, se manter a média de crescimento dos últimos 36 anos estudados. Vale ressaltar que tal estimativa foi feita em base de um crescimento linear, que pode não condizer com o crescimento real da urbanização no município de Taubaté.

No ano de 2106 o escoamento do município chegará a 1811,54 m³/s, mantendo as diretrizes do Plano Diretor e obedecendo totalmente suas normas, isso agrega no município um aumento na vazão de aproximadamente 44,69% em relação a 2021 e um aumento de 146,6% em relação a 1985, o que caracteriza um crescimento de 2,47 vezes o volume escoado e uma redução drástica da vegetação de todas as Zonas, como ilustrado no Gráfico 7.

Gráfico 7 - Escoamento superficial da ocupação em 2106

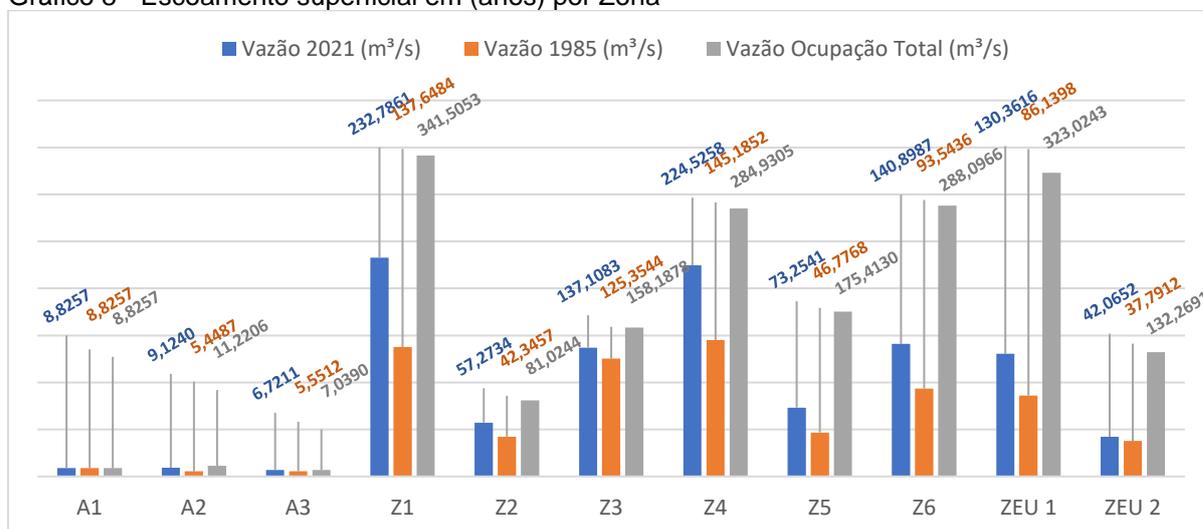


Fonte: Autor

Ao distribuir a vazão total para cada Zona é possível identificar o limite de escoamento superficial para cada Zona de acordo com o Plano Diretor do município, além de ser possível analisar cada caso de crescimento separadamente, com isto é possível verificar que todas as Zonas distantes do centro urbano ainda

estão longe de obter seu máximo de vazão possível, já as Zonas pertencentes as regiões centrais do município estão próximas do seu limite de escoamento.

Gráfico 8 - Escoamento superficial em (anos) por Zona



Fonte: Autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo de caso teve como finalidade elucidar o efeito da impermeabilização do solo, decorrente do aumento da ocupação urbana no sistema de drenagem pluvial, a fim de salientar a importância da manutenção e atualização destes sistemas essenciais através do aumento da vazão escoada superficialmente com o decorrer dos anos.

Para a análise e assimilação da influência da impermeabilização nos sistemas de drenagem urbana foram definidos três objetivos específicos.

A escolha de um município o qual contasse com uma base de dados pluviométrica e zoneamentos bem definidos, assim como verificado em Taubaté-SP, que possuía todos os requisitos. Posteriormente através das equações de KIRPICH definiu-se o escoamento superficial nos anos de 1985, 2021 e uma extrapolação para o momento de sua ocupação total. Assim possibilitando uma comparação dos dados obtidos entre os três períodos o que resultou na constatação de um aumento significativo ao decorrer dos anos em função da expansão urbana.

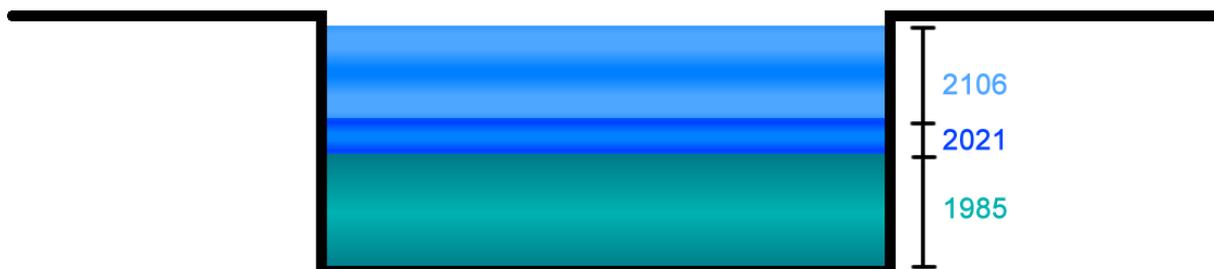
Conclui-se que sistemas de microdrenagem que não são atualizados ou reprojatados periodicamente são sobrepujados pelo aumento da demanda exigida decorrente do crescimento urbano, o que conseqüentemente pode gerar cheias, alagamentos e inundações prejudiciais a sociedade local.

Com o sistema de microdrenagem conectado a uma rede maior esse volume de água escoado gera impactos, da mesma forma, na macrodrenagem.

Através da equação de Manning, foram atribuídas dimensões hipotéticas para a simulação do Rio Paraíba do Sul, e utilizando as vazões computadas neste estudo, obteve-se uma lâmina no curso d'água o qual a microdrenagem de Taubaté é despejada, para o ano de 1985 o coeficiente C era de 0,32 a vazão era de 734,61 m³/s gerando uma lâmina correspondente a 7,06 metros, em um curso d'água retangular, em 2021, a lâmina apresenta 8,5 metros, possuindo uma sobrelâmina equivalente a 1,44 metros, que é decorrente da diferença do coeficiente C que atualmente é de 0,46 e o aumento, gerando um aumento na vazão superficial, resultando em 1062,94 m³/s, enquanto que em sua ocupação total estimada para o ano de 2106 estipula-se uma altura de lâmina 11,10 metros, com uma

sobrelâmina de 4,04 metros, se comparada com o primeiro caso, isto se deve ao fato do aumento do coeficiente C, sendo ele 0,79, o que resulta em uma vazão de 1811,54 m³/s. Uma variação volumétrica que não pode ser ignorada para o dimensionamento da macrodrenagem.

Imagem 51 - Perfil hipotético do Rio Paraíba do Sul



Fonte: Autor

Para contribuições futuras seria relevante obter as vazões da sobrelâmina in loco e inclusive com medições em canais retificados, cursos d'água naturais e nascentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. R. M. de. **Desenvolvimento e Calibração de um Pluviógrafo**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN. Disponível em: <<http://monografias.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/4083/11/desenvolvimento-calibra%C3%A7%C3%A3o-pluvi%C3%B3grafo-Ara%C3%BAjo-Artigo.pdf>>. Acesso em: 29 Mar.2021.

BARRELLA, W. et al. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/316101395_As_relacoes_entre_as_matas_ciliares_os_rios_e_os_peixes>. Acesso em: 23 Mar. 2021.

BRASIL, Ministério das Cidades, Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Lei n. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Estabelece as diretrizes Nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico**; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020). Diário Oficial da União, Brasília, 06 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 24 Maio 2021.

CAMPANA, N. A. **Impacto da Urbanização nas Cheias Urbanas**. 1995. Tese de Doutorado - Universidade federal do Rio Grande do Sul, UFRGS. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 1995. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/206746>>. Acesso em: 12 Maio 2021.

CPRM - Defesa Civil de São Bernardo do Campo - SCS. **Processos Hidrológicos Inundações, Enchentes, Enxurradas e Alagamentos na Geração de Áreas de Risco**. Disponível em: <<https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Capacitacao/Material%20Didatico/CBPRG%20-%202017/Processos%20Hidrol%C3%B3gicos%20-%20-%20Inunda%C3%A7%C3%B5es,%20Enchentes,%20Enxurradas%20e%20Alagamentos%20na%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1reas%20de%20Risco.pdf>>. Acesso em: 26 Mar. 2021.

CSOBI, Atila. **Amortecimento Superficial nos Sistemas de Micro-Drenagem em Regiões de Baixa Declividade**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-11082011-121115/pt-br.php>>. Acesso em: 03 Maio 2021.

DEFESA CIVIL RIO DE JANEIRO. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)**. Sem data. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/formularios/COBRADE.pdf>>. Acesso em: 12 Maio 2021.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, (DAEE). **Precipitações Intensas no Estado de São Paulo**. 2018, São Paulo - SP. Disponível em:

<<https://drive.google.com/file/d/1JHG08QI21xZM3jBoGZwgzVR4x2224eR2/view>>. Acesso em 05 maio 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem**. 2 ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/715_manual_de_hidrologia_basica.pdf/view>. Acesso em: 30 Mar. 2021.

DULNIK, P. R. **Elaboração de um Pluviógrafo com Sensor Ótico**. 2006. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006. Disponível em: <<http://tede.unioeste.br/handle/tede/2807>>. Acesso em: 29 Mar. 2021.

FRANCO, E. J. **Dimensionamento de Bacias de Detenção das Águas Pluviais com Base no Método Racional**. Dissertação do Curso de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Universidade Federal do Paraná, Curitiba: 2004. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~bleninger/dissertacoes/085-Edu_Jose_Franco.pdf>. Acesso em: 2 Abr. 2021.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE: **Orientações Básicas Para Drenagem Urbana** - Belo Horizonte: FEAM, 2006. Disponível em: <<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha%20Drenagem.pdf>>. Acesso em: 26 Mar. 2021.

Fundação Nacional de Saúde, FUNASA. **Apresentação de projeto de drenagem e manejo ambiental em áreas endêmicas de malária**. Brasília. 2013. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/documents/20182/38564/Apresenta%C3%A7%C3%A3o+de+projeto+de+drenagem+e+manejo+ambiental+em+%C3%A1rea+end%C3%AAmicas+de+mal%C3%A1ria+2013.pdf>>. Acesso em 31 Maio 2021.

GAROTTI, Leonardo Monteiro; BARBASSA, Ademir Paceli. **Estimativa de Área Impermeabilizada Diretamente Conectada e Sua Utilização Como Coeficiente de Escoamento Superficial**. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 19-28, Mar. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522010000100003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 Maio 2021.

GENOVEZ, A. M. **Hidrologia Básica e suas Aplicações**. 2011. Apostila de Mestrado - UNICAMP. Campinas-SP. Acesso em: 20 abr. 2021.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia** – Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>. Acesso em: 17 Maio 2021.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** - Órgão Federal. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/taubate/panorama>. Acesso em: 27/08/2021

LIMA, J. N. de. **Análise Comparativa de Métodos Para o Cálculo de Precipitações Intensas**. UFRN, 2019. Disponível em: <<https://monografias.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/8854/1/TCC%20Jeovane%20Lima.pdf>>. Acesso em: 24 Mar. 2021.

NETO, A. C. **Sistemas Urbanos de Drenagem**. 2005. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf>. Acesso em: 24 Maio 2021.

OLIVEIRA, L. F. C. de; CORTÊS, F. C.; WEHR, T. R.; BORGES, L. B.; SARMENTO, P. H. L.; GRIEBELER, N. P. **Intensidade-Duração-Frequência de Chuvas Intensas Para Localidades no Estado de Goiás e Distrito Federal**. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 35, n. 1, p. 13-18, jan./abr. 2005. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/2277>>. Acesso em: 29 Mar. 2021.

ORZENN, H. M. M. **Estudo do Sistema de Drenagem Urbana Localizado no Cruzamento da Rua Araruna com a Av. Perimetral Tancredo de Almeida Neves**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7848/1/estudosistemadrenagemurbana.pdf>>. Acesso em: 23 Mar. 2021.

PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem La Laina. **Gestão de Bacias Hidrográficas**. Estud. av., São Paulo, v.22, n.63, p. 43-60, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a04.pdf>>. Acesso em: 26 Mar. 2021.

RIGHETTO, Antonio Marozzi. **Manejo de águas pluviais urbanas. PROSAB - Programa de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro, 2009. Disponivem em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_4.pdf>. Acesso em: 26 Maio 2021.

RIGHETTO, Antonio Marozzi; Gomes, Kaline Muriel; Freitas, Francisco Rafael Sousa. **Poluição Difusa nas Águas Pluviais de Uma Bacia de Drenagem Urbana**. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522017162357>>. Acesso em: 24 Maio 2021.

ROCHA, Anderson Fernando; BACK, Álvaro José. **A Drenagem Urbana Como ÁREA de Atuação da Agrimensura**. Tecnologia e Ambiente, [S.l.], v. 14, abr. 2013. ISSN 2358-9426. Disponível em: <<http://periodicos.unesc.net/tecnoambiente/article/view/1092>>. Acesso em: 07 Jun. 2021.

SANTOS Júnior, V. Avaliação da fragilidade no sistema de drenagem pluvial urbana: **O Caso da Bacia Hidrográfica do Córrego das Melancias em Montes Claros** – MG. Revista Monografias Ambientais. (2014). Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/download/15125/pdf>>. Acesso em: 31 maio 2021.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - SEMADS. **Enchentes no Estado do Rio de Janeiro - Uma**

Abordagem Geral. 2001 - Disponível em: <<http://www.crea-sc.org.br/portal/arquivosSGC/File/08-Enchentes.pdf>>. Acesso em: 12 Maio 2021>. SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO, SMDU. **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: Aspectos Tecnológicos; Diretrizes para Projetos.** São Paulo. 2012. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v3.pdf>. Acesso em 31 Maio 2021.

SILVA V. H. **Estimativas do Escoamento Superficial em Microbacia Hidrográfica Sob Diferentes Condições de Uso da Terra**, UFES. Jerônimo Monteiro, ES. 2014. Disponível em: <https://florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/TCC_Vitor_Heringer_Silva.pdf>. Acesso em: 10 Abr. 2021.

TASCA, F. A.; FINOTTI, A.; POMPEO, C. A.; GOERL, R. F. **O Papel da Drenagem Urbana na Prevenção de Desastres Hidrológicos na Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí Açu.** Revista Brasileira de Cartografia, v. 69, n. 1, 23 jan. 2017. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44036>>. Acesso em: 26 maio 2021.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. **O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local.** Revista Brasileira Multidisciplinar, 2007. Disponível em: <<https://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/236>>. Acesso em: 23 Mar. 2021.

TISCHER, L. P. **Equações de Chuvas Intensas no Estado de Roraima.** Universidade Federal de Roraima, Boa Vista - RR, 2015. Disponível em: <https://ufr.br/engcivil/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=112:tcc-luis-tischer-2015&id=25:tcc-2015&Itemid=336>. Acesso: 29 Mar. 2021.

TOMAZ, P. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais.** São Paulo: Editora Navegar, 2002. Disponível em: <<https://www.pliniotomaz.com/>>. Acesso em: 10 Mar. 2021.

TUCCI, C. E. M. (1997). **Água no meio Urbano** - Instituto de Pesquisas Hidráulicas Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/importacao/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/aguanameio%20urbano.pdf>. Acesso em: 14 Maio 2021.

TUCCI, C. E. M. (2007). **Inundações Urbanas.** ABRH RHAMA. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/importacao/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos->

diversos/outros_documentos_tecnicos/cursogestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/drenagem1.PDF>. Acesso em 26 maio 2021.

TUCCI, C. E. M. **Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS.** Porto Alegre, RS. 2000. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/46/d59e1c5f69cd898ab9e9bce27bb6292d_70ec6dc a6cec6b4e9e67dc36f9d48fcc.pdf>. Acesso em: 02 Abr. 2021.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da Drenagem Urbana.** Brasília, DF. CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. Disponível em: <https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/38004/LCBRSR274_pt.pdf>. Acesso em: 24 Maio 2021.

TUCCI, C.E M.; Bertoni, J.C. (Org). **Inundações urbanas na América do Sul. Associação Brasileira de Recursos Hídricos:** Porto Alegre, 2003. Disponível em: <http://www.aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php?file=%2F201909%2Fmod_folder%2Fcontent%2F0%2FInunda%C3%A7%C3%B5es.pdf&forcedownload=1>. Acesso em: 12 Maio 2021.

REFERÊNCIAS DE IMAGENS

IMAGEM 1 - <<https://www.usgs.gov/media/images/o-ciclo-d-gua-water-cycle-portuguese>> – Acesso em: 07 de julho de 2021.

IMAGEM 2 – <<https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/planoDeRecursosHidricosEnquadramento.pdf>>. Acesso em: 07 de julho de 2021.

IMAGEM 3 - <<http://www.cprm.gov.br/publique/CPRM-Divulga/Elementos-Que-Characterizam-o-Clima-1267.html?tpl=printerview>>. Acesso em: 07 de julho de 2021.

IMAGEM 4 - <<http://waterdropess.blogspot.com/2016/03/escoamento.html>>. Acesso em: 07 de jul de 2021.

IMAGEM 5 - TUCCI, C.E M.; Bertoni, J.C. (Org). **Inundações urbanas na América do Sul. Associação Brasileira de Recursos Hídricos**: Porto Alegre, 2003. Disponível em: <http://www.aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php?file=%2F201909%2Fmod_folder%2Fcontent%2F0%2FInunda%C3%A7%C3%B5es.pdf&forcedownload=1>. Acesso em: 12 Maio 2021.

IMAGEM 6 - CPRM - Defesa Civil de São Bernardo do Campo - SCS. **Processos Hidrológicos Inundações, Enchentes, Enxurradas e Alagamentos na Geração de Áreas de Risco**. Disponível em: <<https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Capacitacao/Material%20Didático/CBPRG%20-%202017/Processos%20Hidrológicos%20%20-%20Inundações,%20Enchentes,%20Enxurradas%20e%20Alagamentos%20na%20Geração%20de%20Áreas%20de%20Risco.pdf>>. Acesso em: 26 Mar. 2021.

IMAGEM 7 – <<https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2021/02/11/chuva-provoca-alagamentos-em-taubate.ghtml>> Acesso em: 07 de jul de 2021.

IMAGEM 8 – <<https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2021/02/11/chuva-provoca-alagamentos-em-taubate.ghtml>> Acesso em: 07 de jul de 2021.

IMAGEM 9 – <<https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2021/01/11/video-mostra-queda-de-muro-de-condominio-durante-temporal-em-braganca-paulista.ghtml>> Acesso em: 07 de jul de 2021.

IMAGEM 10 – <<https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2021/01/11/video-mostra-queda-de-muro-de-condominio-durante-temporal-em-braganca-paulista.ghtml>> Acesso em: 07 de jul de 2021.

IMAGEM 11 – <<https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2021/02/14/chuva-forte-deixa-vias-alagadas-e-cause-interdicoes-em-bauru.ghtml>> Acesso em: 07 de jul de 2021.

IMAGEM 12 – <<https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2021/02/14/chuva-forte-deixa-vias-alagadas-e-causa-interdicoes-em-bauru.ghtml>> Acesso em: 07 de jul de 2021.

IMAGEM 13 – Autor.

IMAGEM 14 – Autor.

IMAGEM 15 – Google Maps.

IMAGEM 16 – Autor.

IMAGEM 17 – Autor.

IMAGEM 18 – Google Maps.

IMAGEM 19 – Google Maps.

IMAGEM 20 – Autor.

IMAGEM 21 – Autor.

IMAGEM 22 - TAUBATÉ. Lei n. 412, de 12 de julho de 2017. Institui o Plano Diretor Físico do Município de Taubaté e dá outras providências - Anexo IV. Disponível em: <http://www.taubate.sp.gov.br/wp-content/uploads/2019/10/Mapa-1_70.000.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2021.

IMAGEM 23 - TAUBATÉ. Lei n. 412, de 12 de julho de 2017. Institui o Plano Diretor Físico do Município de Taubaté e dá outras providências - Anexo IV. Disponível em: <http://www.taubate.sp.gov.br/wp-content/uploads/2019/10/Mapa-1_70.000.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2021.

IMAGEM 24 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 25 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 26 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 27 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 28 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 29 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 30 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 31 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 32 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 33 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 34 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 35 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 36 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 37 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 38 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 39 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 40 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 41 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 42 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 43 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 44 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 45 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 46 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 47 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 48 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 49 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 50 – Google Earth Adaptada.

IMAGEM 51 – Autor.