

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFAAT
ENGENHARIA CIVIL

Andressa Dandara Demeter
Lucas Ledier Bertini
Matheus Brasil Caetano dos Santos
Renan Luan Viana Santos
Vinicius Zanotti

**Medidas mitigatórias para cheias urbanas – Estudo de
caso Piracaia - SP**

ATIBAIA – 2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFAAT
ENGENHARIA CIVIL

Andressa Dandara Demeter
Lucas Ledier Bertini
Matheus Brasil Caetano dos Santos
Renan Luan Viana Santos
Vinicius Zanotti

**Medidas mitigatórias para cheias urbanas – Estudo de
caso Piracaia - SP**

Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado como exigência
parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia (Civil) pela
UNIFAAT FACULDADES, sob
orientação do (a) professor (a)
Adélia Mara Massulo.

ATIBAIA – 2018

AGRADECIMENTOS

À nossa professora e orientadora Adélia Mara Massulo, por todo apoio e paciência ao longo da elaboração do nosso projeto final.

A todos os professores, amigos e familiares por todos os conselhos e ajuda durante os nossos estudos e elaboração do nosso TCC.

Também gostaríamos de deixar um agradecimento especial à instituição UNIFAAT por possibilitar a execução deste trabalho de conclusão de curso.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
CAD	AutoCad
UNIFAAT	Centro Universitário Faculdades Atibaia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
QGIS	Sistema de Informação Geográfica
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
ANA	Agência Nacional de Águas

RESUMO

O presente estudo visa apresentar medidas mitigatórias das enchentes que ocorreram nos últimos dez anos do município de Piracaia, comparando com outras cidades no mundo que sofrem dos mesmos problemas.

As medidas são basicamente estruturais e não-estruturais que visam minimizar e evitar tais consequências. De uma forma geral os dados coletados da rede telemétrica do DAAE responsável pelo controle dos dados como vazão, pluviometria e fluviométrica foram inseridos nos devidos pontos de alagamento através do programa de geoprocessamento (QGIS). Faz a inserção de dados gráficos gerados pela estação de monitoramento, que auxilia na elaboração de soluções para os pontos afetados, através dos dados gráficos e matriciais exposto no mapa, com as informações relevantes para as devidas aplicações de solução, seja as estruturais e não estruturais.

Desta forma o estudo proporciona medidas que podem ser aplicadas no município que sofre de carência de planejamento para minimização e controle das cheias, devido falta de conscientização da população e fiscalização de órgãos responsáveis.

ABSTRACT

The present study is validating measures in the latest years of the city of Piracaia, comparing to other city in the site of the problem.

The experimental data form of the DAAE telemetry network was performed by means of the control of data such as the flow, rainfall and fluviometry were inserted in the necessary flooding points through the geoprocessing program (QGIS). It makes an insertion of graphical data generated by the monitoring station, which help in the elaboration of solutions for the affected points, through the digitalization of graphs and matrix, not exposed to any map, with information relevant to applications of solution due, that is, as .

In this way the set of actions that can be applied in the municipality has its influence on the planning for the minimization and control of the floods, due to the lack of population awareness and power control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Componentes do ciclo hidrológico	14
Figura 2 - Representação esquemática da evolução de uma chuva de verão.....	16
Figura 3 - Representação esquemática da transposição de uma massa de ar por uma barreira.....	16
Figura 4 - Representação esquemática de uma frente fria de deslocamento lento...	17
Figura 5 - Representação esquemática de uma frente fria de deslocamento rápido.	17
Figura 6 - Bacia Amazônica.	18
Figura 7 - Bacia do Tocantins – Araguaia.	19
Figura 8 - Bacia do Rio São Francisco.....	19
Figura 9 - Bacia do Paraná.....	20
Figura 10 - Bacia do Rio Paraguai	20
Figura 11 - Bacia do Rio Paraíba do Sul	21
Figura 12 - Bacia do Rio Uruguai	21
Figura 13 - Escoamento superficial e subterrâneo.	22
Figura 14 - Sarjeta e Guia	24
Figura 15 - Tipos de boca de lobo.....	25
Figura 16 - Galerias.....	25
Figura 17 - Poços de visita	26
Figura 18 - Condutores de ligação	26
Figura 19 - Sarjetões.....	27
Figura 20 - Sistema de micro drenagem	27
Figura 21 - Corte do sistema de micro drenagem	28
Figura 22 - Limpeza de piscinão	35
Figura 23 - Casa de uma família atingida pela enchente na Alemanha em 2013	36
Figura 24 - Carro devastado pela enchente no Haiti	37
Figura 25 - População sofre para desviar das inundações na China (2010).....	38
Figura 26 - Crianças desabrigadas tentando salvar objetos de suas casas na Índia	39
Figura 27 - Família fugindo da enchente em Bangladesh (2007).....	40
Figura 28 - Rua alagada em Vila Isabel	41
Figura 29 - Viaturas do 9º BPM submersas	41
Figura 30 - Ruas alagadas na Barra da Tijuca	42
Figura 31 - vista aérea mostra Itajaí inundada	43

Figura 32 - desabamento de casas em Blumenau	44
Figura 33 - Esquema simplificado do Sistema Cantareira.....	57
Figura 34 - Rua Gaspar Ferreira da Costa Silva. (11/Mar/08).....	58
Figura 35 - Rua João de Moraes Goes.(11/Mar/08).....	59
Figura 36 – Jardim Alvorada. (11/Mar/08).....	59
Figura 37 – Jardim Alvorada. (11/Mar/08).....	60
Figura 38 - Avenida Marginal, Santo Cruzeiro. (11/Jan/11).	61
Figura 39 – Avenida Marginal, Santo Cruzeiro. (11/Jan/11).....	61
Figura 40 – Alvorada I. (11/Jan/11).Jardim	62
Figura 41 – Jardim Alvorada I. (11/Jan/11).	62
Figura 42 – Jardim Alvorada I. (11/Jan/11).	63
Figura 43 – Casa de uma família atingida pela enchente. (27/Fev./18).	64
Figura 44 – Enchente (27/fev./18)	65
Figura 45 – Enchente (27/Fev/18).....	65
Figura 46 – Município e os locais de enchente	66
Figura 47 - Gráfico Pluviométrico da Estação Rio Cachoeira	68
Figura 48 - Gráfico Fluviométrico da Estação Rio Cachoeira.....	68
Figura 49 - Gráfico Vazão da Estação Rio Cachoeira.....	69
Figura 50 - Gráfico Pluviométrico da Estação Rio Cachoeira.....	70
Figura 51 - Gráfico Fluviométrico da Estação Rio Cachoeira.....	70
Figura 52 - Gráfico Vazão da Estação Rio Cachoeira.....	71
Figura 53 - Gráfico Pluviométrico da Estação Rio Cachoeira.....	72
Figura 54 - Gráfico Fluviométrico da Estação Rio Cachoeira.....	72
Figura 55 - Gráfico Vazão da Estação Rio Cachoeira.....	73
Figura 56 – Instalação complemento QGIS.....	73
Figura 57 - Instalação complemento QGIS	74
Figura 58 – Avenida Beira Rio.....	75
Figura 59 – Avenida Brasil	76
Figura 60 – Avenida Doutor Alípio Ferreira	76
Figura 61– Rua Anísio Francisco de Faria	77
Figura 62 – Rua Dois	77
Figura 63 – Rua João de Moraes Góes	78
Figura 64 – Rua Roca A. Fiorelini	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo de concentração para áreas urbanizadas.....	29
Tabela 2 - Coeficiente Ck - equação de Kerby	31
Tabela 3 - Tempo de recorrência	32
Tabela 4 - Dados Telemetria DAAE Cidade de Piracaia-SP	67
Tabela 5 - Dados Telemetria DAAE Cidade de Piracaia-SP	69
Tabela 6 - Dados Telemetria DAAE Cidade de Piracaia-SP	71

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Tempos distintos.....	29
Equação 2 - Tempos de entrada.....	29
Equação 3 - Tempo de concentração - George Ribeiro.....	29
Equação 4 - Tempo de concentração - kimich.....	30
Equação 5 - Tempo de percurso - Kerby.....	30
Equação 6 - Método Cinemático.....	31
Equação 7 - Fórmula de Manning	31
Equação 8 - Intensidade pluviométrica	32
Equação 9 - Método Racional Modificado.....	33

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	14
2.1 Ciclo Hidrológico	14
2.2 Precipitação e mecanismo de formação de chuva.....	15
2.3 Bacias hidrográficas.....	17
2.4. Escoamento superficial.....	22
2.5 Drenagem Urbana	23
2.5.1 Microdrenagem.....	24
2.5.2 Macrodrenagem	34
2.6 Grandes enchentes.....	35
2.6.1 Enchentes no mundo.....	36
2.6.2 Enchentes no Brasil.....	40
2.7 Controle de cheias	44
2.8 Estação de Monitoramento	48
2.8.1 Pluviometria.....	48
2.8.2 Fluviometria	49
2.8.3 Vazão.....	49
2.9 Medidas estruturais e não estruturais	49
2.9.1 Medidas Estruturais	50
2.9.2 Medidas Não Estruturais	51
2.10 Geoprocessamento.....	52
2.11 QGIS	53
3. MATERIAIS E METODOS	56
3.1 Piracaia.....	56
3.2 Sistema Cantareira e Reservatório Cachoeira.....	56
3.3 Cheias históricas em Piracaia.....	57
3.3.1 Enchente 30 março de 2008.....	57

3.2.2 Enchente 15 de janeiro de 2015.....	60
3.2.3 Enchente 11 janeiro de 2011.....	60
3.3.4 Alagamento 27 fevereiro de 2018.....	63
3.4 Construção do mapa de georreferenciamento dos pontos de cheia em Piracaia.....	66
3.5 Construção de tabelas de dados historicos dos pontos de cheias mapeados.....	66
3.5 Inserção de dados no mapa.....	73
4. SOLUÇÕES.....	79
5. CONCLUSÃO.....	80
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da história da humanidade as pessoas só pensavam em desenvolvimento urbano, as construções começaram a surgir em regiões mais baixas como várzea de rios ou a beira mar, devido à necessidade de fonte de alimento e vias de transporte, os rios foram utilizados como sistema viário, isso resultou em uma aceleração dos escoamentos e aumento nos picos de vazão.

Isso resultou em uma necessidade maior de estudos e planejamentos da parte dos engenheiros a fim de evitar alagamentos em centros urbanos assim como as cidades sequestradas ao curso d'água.

Atualmente em grandes metrópoles no Brasil são frequentes inundações em cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Campinas e Curitiba, fatos que são decorrentes do acelerado processo de urbanização e sua falta de planejamento.

Uma cidade planejada tem a vantagem de possuir no seu plano diretor inicial áreas com usos de ocupação do solo pré-definidos, com o zoneamento da área municipal, possibilitando um planejamento mais adequado.

No Brasil o principal objetivo ainda é o controle das enchentes, sem menosprezar a qualidade da água coletada na drenagem urbana assim como os países mais desenvolvidos.

Neste estudo a área que abrangeu foi o reservatório cachoeira, localizado no interior de São Paulo, na cidade de Piracaia, onde seu curso d'água é concentrado em todo o município. Conforme mencionado anteriormente sobre a cultura histórica e filosófica da população dando pouca importância para projetos de drenagem e ocupação dos muros urbanos, resultaram na ocorrência de problemas semelhantes às grandes metrópoles, porém em menor escala.

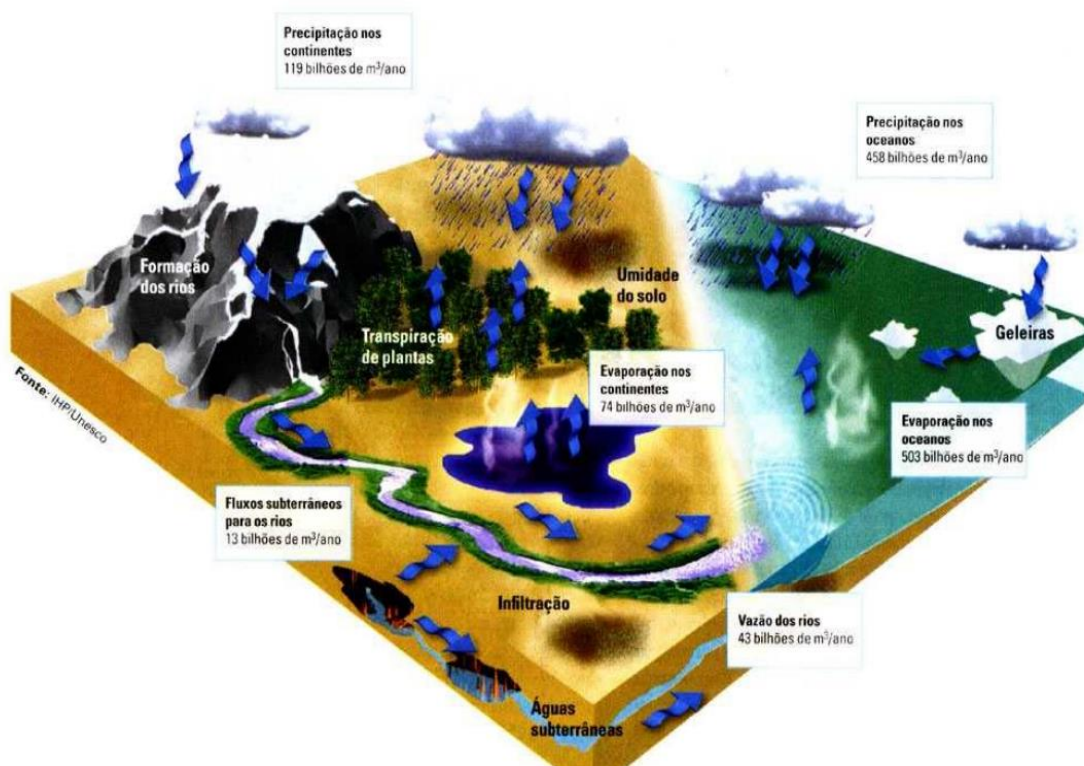
O objetivo é apresentar soluções para pontos de alagamentos na cidade, com estudo de casos, pesquisa em campo, análise e levantamento de dados. Sendo aplicadas duas medidas, estruturais e não estruturais, selecionando a mais viável para cada área afetada do município.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico é a sequência em que a água de rios, oceanos, lagos passa até chegar à atmosfera e retornar ao solo. Este ciclo é alimentado pela luz do sol e pela força da gravidade. [2]

Figura 1- Componentes do ciclo hidrológico



Fonte: [2]

Na atmosfera, formam-se as nuvens que, quando carregadas, provocam precipitações, na forma de chuva, granizo, orvalho e neve. Durante o processo da chuva, a água pode seguir vários caminhos, tais como: [3]

- Escoar pela superfície, nos casos em que o nível de chuva é maior que a absorção do solo.
- Infiltrar no solo ou nas rochas, podendo retornar a superfície como nascentes, fontes, ou alimentar rios e lagos.
- Congelar formando as camadas de neve em montanhas e solo.

- Evaporar junto com mais partículas de água do solo, rios e lagos. Retornando todo o ciclo hidrológico.

O ciclo hidrológico é importante para a preservação da vida na terra, com função climática, proporcionar o melhor cenário para o desenvolvimento de vida animal e vegetal, proporcionando o melhor funcionamento de rios, oceanos e lagos e renovando os nutrientes. [2]

A água que precipita em forma de chuva, granizo ou neve, sempre esteve presente, como rios e oceanos. E é graças a essa movimentação constante que a vida na terra sempre se renova. [2]

2.2. Precipitação e mecanismo de formação de chuva

As precipitações têm como elemento básico para a sua formação a umidade atmosférica e, portanto, tem-se a condensação do vapor da água atmosférica como a primeira condição primordial para que a precipitação ocorra. [4]

Cabe ainda ressaltar que a condensação, resultado do esfriamento do ar à temperatura inferior ao ponto de saturação de vapor, ocorre como resultado de vários processos, todavia nem todos são suficientes para produzir a precipitação. [4]

De acordo com o entendimento teórico, é sabido que *o mecanismo físico de esfriamento do ar eficiente na produção de precipitação é o da redução de pressão que ocorre quando massas de ar são forçadas a se elevar [4]*. Assim, com a elevação da massa de ar até uma altura onde a pressão será menor, provoca a expansão que esfriará o ar, por diminuir a frequência de colisão entre as moléculas. [4]

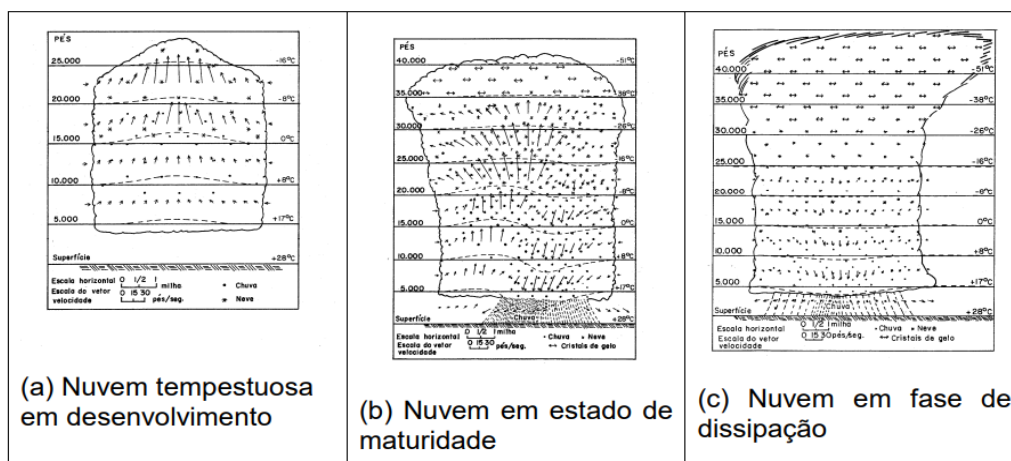
Ainda que o resfriamento do ar seja conhecido como adiabático, ou seja, recebe essa nomenclatura por não proporcionar perdas de calor para o meio. Além disso, a causa básica para a ocorrência de chuva é a ascensão de uma massa de ar úmida. [4]

É conhecido que as precipitações pluviométricas têm diferentes classificações, as quais são em chuva convectiva, chuva orográfica e chuva frontal conhecida também como ciclônica. [4]

- Precipitação convectiva: São as Mais comuns em regiões tropicais, conhecidas como chuva de verão. Pancadas de chuvas de intensidade de média a alta com abrangência local.

A figura 2 representa as precipitações convectivas, que são causadas pela movimentação da massa de ar quente que sobem e condensam. [4]

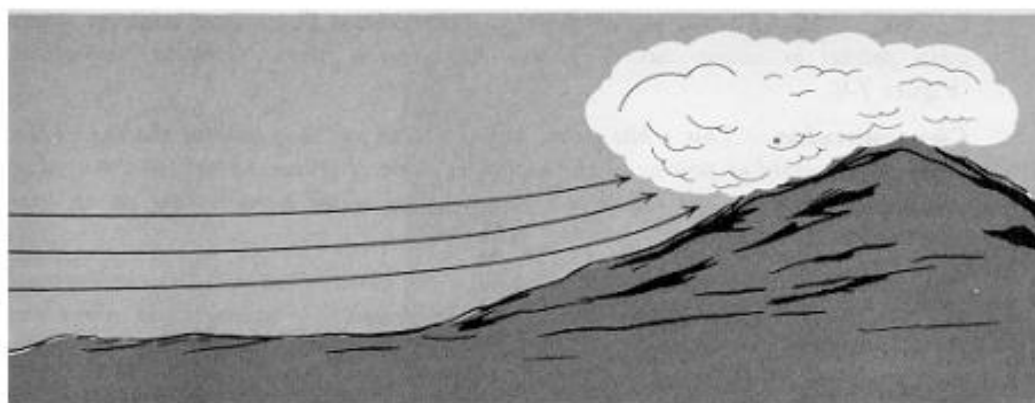
Figura 2 - Representação esquemática da evolução de uma chuva de verão.



Fonte: [4]

- Chuva orográfica: São os chuviscos, neblinas e garoas. Quando o relevo apresenta uma barreira para massas de ar úmido provenientes do oceano. Pancadas de chuvas com maior duração e intensidade baixa com abrangência maior. Conforme a figura 3.

Figura 3 - Representação esquemática da transposição de uma massa de ar por uma barreira.



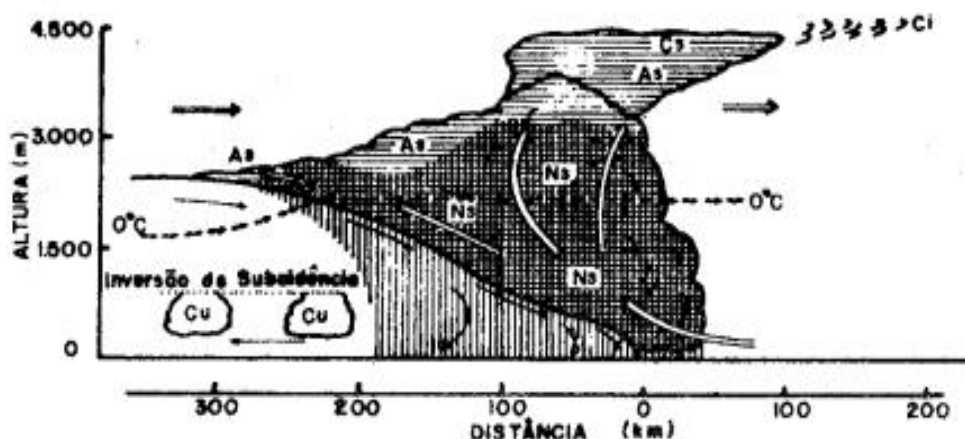
Fonte: [4]

- Chuva ciclônica: Quando a precipitação ocorre devido ao deslocamento de uma massa de ar quente por uma fria denomina-se chuva de frente fria, se a

massa de ar frio é deslocada por um quente, é denominada de chuva de frente quente. Pancadas de chuva de longa duração e intensidade variável. [4]

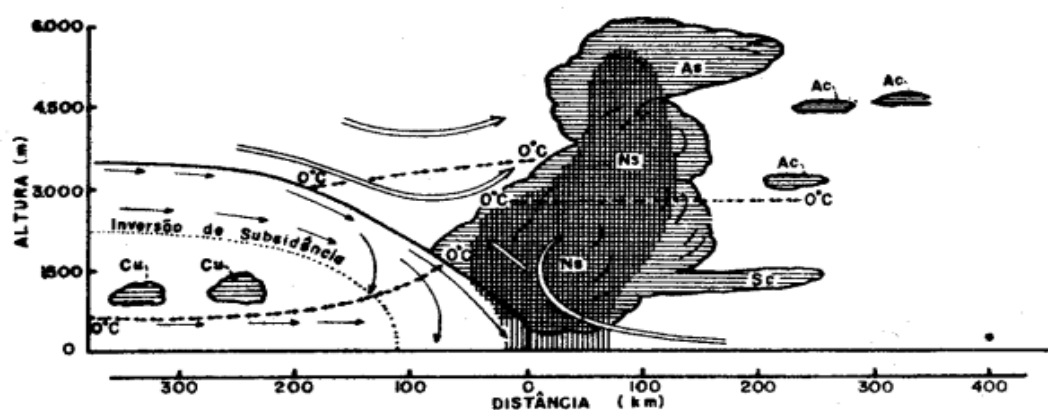
Ocasionadas pelo encontro de massas de ar quente e ar frio. Caracterizadas como contínuas, com intensidades baixas e moderadas como mostra as figuras 4 e 5. Onde no eixo x é a distância e o eixo y a altura.

Figura 4 - Representação esquemática de uma frente fria de deslocamento lento.



Fonte: [4]

Figura 5 - Representação esquemática de uma frente fria de deslocamento rápido.



Fonte: [4]

2.3. Bacias hidrográficas

São caracterizadas pela captação de água da chuva que escoam pelas redes de drenagem. Os aspectos como relevo e hidrografia são os principais contribuintes para sua formação. Em resumo, bacias são áreas em que o conjunto de suas águas superficiais é levada em direção a um determinado local. [5]

O Brasil é o país com a maior extensão e diversificados recursos hídricos do planeta. Possui cerca de 15% de toda a água doce existente. Seu aspecto geográfico como clima, relevo, vegetação e até a ação humana contribui para o grande número de bacias. [5]

O Brasil possui 12 regiões hidrográficas, das quais as sete Bacias hidrográficas se destacam: [6].

- Bacia Amazônica: Maior bacia hidrográfica do mundo, localizada na região norte do país, possui aproximadamente sete milhões de Km² de extensão, no qual cerca de quatro milhões estão em território brasileiro.

Figura 6 - Bacia Amazônica.



Fonte: [7]

- Bacia do Tocantins – Araguaia: É a maior bacia hidrográfica totalmente brasileira, estão localizadas nas regiões norte e central do país e possui cerca de 2.500 km.

Figura 7 - Bacia do Tocantins – Araguaia.



Fonte: [8]

- Bacia do Rio São Francisco: Localizada em Minas Gerais e em maior parte na região nordeste do país, a bacia do rio São Francisco possui aproximadamente 640mil Km² de extensão.

Figura 8 - Bacia do Rio São Francisco



Fonte: [9]

- Bacia do Paraná: Localizada na região sudeste e sul do Brasil, a bacia do Paraná possui cerca de 800mil Km² de extensão.

Figura 9 - Bacia do Paraná



Fonte: [10]

- Bacia do Rio Paraguai: Localizada na região centro oeste do país, a bacia do Paraguai possui cerca de 1.100.000 Km² de extensão.

Figura 10 - Bacia do Rio Paraguai



Fonte: [11]

- Bacia do Rio Paraíba do Sul: Localizada na região sudeste, a Bacia do rio Paraíba do Sul possui cerca de 60 mil Km² de extensão.

Figura 11 - Bacia do Rio Paraíba do Sul



Fonte: [12]

- Bacia do Rio Uruguai: Localizada na região sul do Brasil, a bacia do rio Uruguai possui aproximadamente 385 mil Km² de extensão e cerca de 180.000 Km² estão no território brasileiro.

Figura 12 - Bacia do Rio Uruguai



Fonte: [13]

2.4. Escoamento superficial

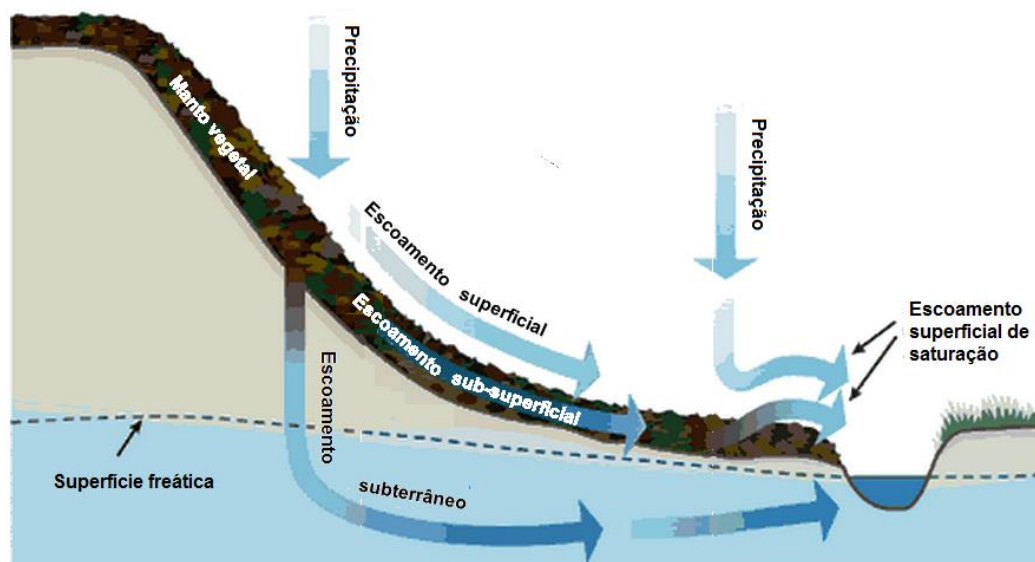
O escoamento superficial trata-se do acúmulo de água da superfície do solo já saturado. [14]

Salientamos que é importante o dimensionamento correto para que os projetos de obras de engenharia possam suportar a vazão máxima decorrente do escoamento superficial. [15]

Além disso, é importante ressaltar ainda que o escoamento pode ser dividido em dois componentes, sendo eles o escoamento superficial direto e o escoamento subterrâneo, vejamos: [14]

- Escoamento superficial direto – É o acúmulo de água que escoam pelo solo já saturado, que são agravados pelos fatores climáticos, como intensidade da chuva, duração e frequência. Assim quanto mais intensa, longa e frequente a chuva, maior o acúmulo de água no solo que atinge sua saturação.
- Escoamento subterrâneo – É a parcela que infiltra no solo e que chega aos aquíferos, cabe salientar que esse item é de fundamental importância pelo ponto de vista ambiental, tendo em vista que refletirá nas bacias em regiões e meses de seca.

Figura 13 - Escoamento superficial e subterrâneo.



Fonte: [15]

A separação do escoamento superficial direto do escoamento subterrâneo permite que estratégias sejam criadas para amenizar os problemas com enchentes, assoreamentos de rios e lagos, e a falta de água em períodos de secas.

Sendo assim a separação dos escoamentos é um fator importante para a gestão e planejamento dos recursos hídricos. [16]

Para a separação dos escoamentos diretos e subterrâneos são utilizadas em alguns casos análises químicas de determinadas substâncias chamadas de traçadores, e em outros métodos, filtros digitais de base física e também ajustes de curvas por meio da análise de dados. [16]

2.5. Drenagem Urbana

O ciclo hidrológico sofre fortes alterações nas áreas urbanas devido, principalmente, à alteração da superfície e a canalização do escoamento. [17]

Esse processo apresenta grave impacto nos países em desenvolvimento, onde a urbanização e as obras de drenagem são realizadas de forma totalmente insustentáveis. [17]

A drenagem urbana tem como objetivo principal a gestão da água da chuva que escoar no meio urbano. Essas medidas são tomadas visando minimizar prejuízos a população causada pelas fortes chuvas e possibilitando o desenvolvimento urbano de forma condizente. [18]

O crescimento desordenado das populações em grandes centros e em sua maioria nas periferias, somada a sua falta de planejamento, agravam a infraestrutura de recursos hídricos. [18]

A fim de evitar maiores riscos a população, é de extrema importância o planejamento e uso adequado da drenagem urbana. [18]

Para executar medidas sustentáveis nas cidades é necessário desenvolver o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDrU). A *Lei 11.445, Esta Lei estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico* e que obriga as prefeituras a seguirem o Plano Diretor. [19] O plano se baseia em princípios básicos para que possamos minimizar os impactos causados por um mau planejamento de drenagem a fim de evitar assim novos desastres. [18]

O Plano Diretor de Drenagem Urbana tem como princípio:

- Os novos desenvolvimentos não podem aumentar a vazão da jusante.

- O planejamento e controle dos impactos existentes devem ser elaborados considerando a bacia como um todo.
 - O Horizonte de planejamento deve ser integrado ao Plano Diretor da cidade.
- O controle dos efluentes deve ser avaliado de forma integrada com o esgotamento sanitário e os resíduos sólidos. [18]

2.5.1. Microdrenagem

A microdrenagem é a estrutura que coleta as águas de chuva nas áreas urbanas, através de sarjetas, bocas de lobo, galerias, poços de visita, condutos de ligação e sarjetões. [20]

- Sarjetas – Canal situado entre as guias e a pista, sua função é captar e encaminhar o efluente até os pontos de coleta. [21]

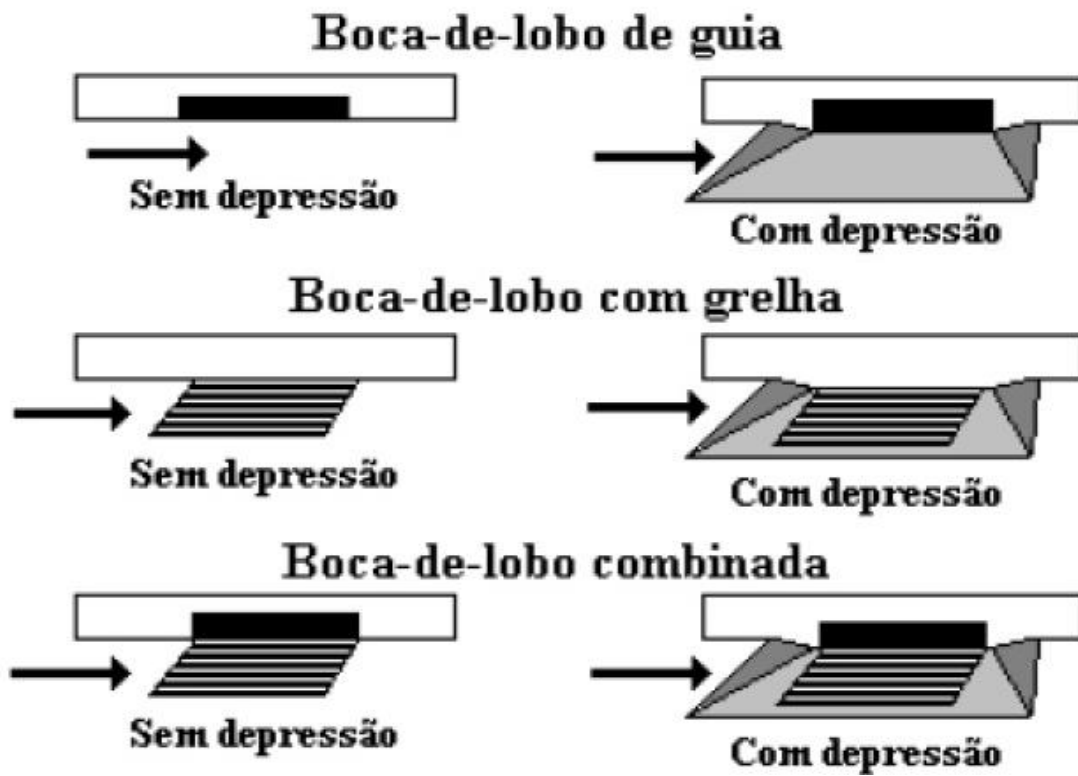
Figura 14 - Sarjeta e Guia



Fonte: [22]

- Boca de lobo – Estruturas para a captação dos efluentes que são transportadas pelas sarjetas. [21]

Figura 15 - Tipos de boca de lobo



Fonte: [17]

- Galerias – Dutos principais que conduzem a água ao destino final. [21]

Figura 16 - Galerias



Fonte: [23]

- Poços de visita – Local que permite a limpeza e manutenção de sistema. [21]

Figura 17 - Poços de visita



Fonte: [24]

- Condutos de ligação – Tubulação que encaminha os efluentes de uma boca de lobo até outra, ou mesmo até caixas de ligação e poços de visita. [21]

Figura 18 - Condutores de ligação



Fonte: [25]

- Sarjetões – Elementos localizados entre cruzamentos de vias e pontos mais baixos, que capta e encaminha efluentes até bocas de lobo, além de conectar sarjetas. [21]

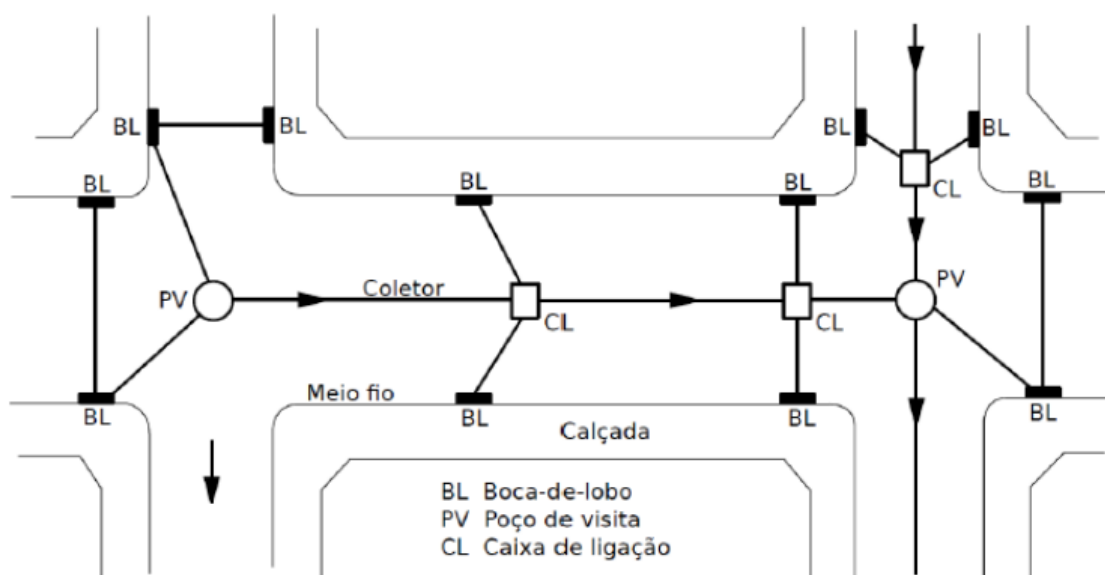
Figura 19 - Sarjetões



Fonte: [26]

A água é transportada pelo meio fio e coletada pelas bocas de lobo, que são transportadas até o poço de visita ou caixa de ligação e conduzidas pelos coletores até seu destino final.

Figura 20 - Sistema de micro drenagem



Fonte: [20]

Figura 21 - Corte do sistema de micro drenagem



Fonte: [20]

As vazões são conduzidas de acordo com as ruas da área de projeto, obedecendo ao alinhamento arquitetônico das fachadas dos quarteirões, criando minicursos artificiais. [20]

Deste modo tem como função oferecer segurança aos pedestres e motoristas evitando ou reduzindo danos causados pelo alagamento. [20]

Metodologia de cálculo da microdrenagem: [27]

- *Coeficiente de escoamento superficial da bacia que será determinado a partir da média ponderada dos coeficientes das áreas parciais.*
- *Tempo de concentração - Quando a área a montante for urbanizada ou estiver em processo de urbanização o tempo de concentração será obtido conforme tabela.*

Tabela 1 - Tempo de concentração para áreas urbanizadas.

Tipologia da área a montante	Declividade da sarjeta	
	< 3%	> 3%
Áreas de construções densas	10 min.	7 min.
Áreas residenciais	12 min	10 min
Parques, jardins, campos.	15 min	12 min

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para os demais casos, as parcelas do tempo de concentração poderão ser calculadas pela fórmula de George Ribeiro ou pela fórmula de Kirpich, O tempo de concentração adotado não deverá ser inferior a 5 minutos. [27]

O tempo de concentração (t_c) será determinado a partir da equação (1) de tempos distintos:

$$t_c = t_p + t_e \quad (1)$$

onde:

t_p = tempo de percurso (min)

t_e = tempo de entrada (min)

O tempo de entrada (t_e) pode também ser subdividido em parcelas como na equação (2):

$$t_e = t_1 + t_2 \quad (2)$$

onde:

t_1 = tempo de escoamento superficial no talvegue

t_2 = tempo de percurso sobre o terreno natural

A equação (3) proposta por George Ribeiro tem a seguinte forma:

$$t_1 = 16 L_1 / (1,05 - 0,2 p) (100 S_1)^{0,04} \quad (3)$$

onde:

t_1 = Tempo de escoamento superficial em minutos.

L_1 = Comprimento do talvegue principal, em km.

p = Porcentagem, em decimal, da área da bacia coberta de vegetação.

S_1 = Declividade média do talvegue principal.

A equação de Kirpich (4) é apresentada a seguir:

$$t_1 = 0,39 (L^2/S)^{0,385} \quad (4)$$

onde:

t_1 = Tempo de escoamento superficial, em h.

L = Comprimento do talvegue, em km.

S = Declividade média do talvegue da bacia, em km.

A equação de Kerby (5) é adotada para calcular a parcela t_2 , relativa ao percurso no terreno natural até alcançar o talvegue: [27]

$$t_2 = 1,44 [L_2 C_k (1/(S_2)^{0,5})]^{0,47} \quad (5)$$

onde:

t_2 = tempo de percurso sobre o terreno natural, em min;

L_2 = Comprimento do percurso considerado, em km;

C_k = Coeficiente determinado pela tabela.

S_2 = Declividade média do terreno;

Tabela 2 - Coeficiente C_k - equação de Kerby

Tipo de superfície	Coeficiente
	C _k
Lisa e impermeável	0,02
Terreno endurecido e desnudo	0,1
Pasto ralo, terreno cultivado em fileiras e superfície desnuda, moderadamente áspera.	0,2
Pasto ou vegetação arbustiva	0,4
Mata de árvores decíduas	0,6
Mata de árvores decíduas tendo o solo recoberto por espessa camada de detritos vegetais	0,8

Fonte: Elaborado pelo autor

Método Cinemático (6):

$$t_p = 16,67 \times \sum (L_i/V_i) \quad (6)$$

onde:

t_p = Tempo de percurso, em min;

L_i = Comprimento do talvegue (trechos homogêneos), em km;

V_i = Velocidade do trecho considerado, em m/s.

A aplicação do método cinemático deve ser realizada com base na velocidade correspondente ao escoamento em regime permanente e uniforme. As velocidades poderão ser estimadas pela fórmula de Manning, adotando-se o valor de 0,50 para o raio hidráulico em canais retangulares, 0,61 para canais trapezoidais e 1/4 do diâmetro para seções circulares, conforme a seguinte equação (7): [27]

$$V = R_h^{2/3} S^{1/2} \eta^{-1} \quad (7)$$

onde:

V = velocidade, em m/s;

R_h = raio hidráulico, em m;

S = declividade do trecho, em m/m;

η = coeficiente de rugosidade.

- *Tempo de recorrência* - O tempo de recorrência ou período de retorno a ser adotado na determinação da vazão de projeto deverá ser considerado em conformidade à Tabela 3. [27]

Tabela 3 - Tempo de recorrência

Tipo de dispositivo de drenagem	Tempo de recorrência Tr (anos)
Microdrenagem - dispositivos de drenagem superficial, galerias de águas pluviais	10
Aproveitamento de rede existente - microdrenagem	5
Canais de macrodrenagem não revestidos	10
Canais de macrodrenagem revestidos, com verificação para Tr = 50 anos sem considerar borda livre	25

Fonte Elaborada pelo autor

- *Intensidade pluviométrica* - A intensidade pluviométrica será calculada a partir da aplicação de equações de chuvas intensas (IDF).

$$i = \frac{a Tr^b}{(t+c)^d} \quad (8)$$

onde:

i = intensidade pluviométrica em mm/h;

Tr = tempo de recorrência em anos;

t = tempo de duração da precipitação em minutos.

- *Duração da chuva de projeto* - O tempo de duração da chuva é igual ao tempo de concentração; para o método do hidrograma unitário sintético do SCS recomenda-se que o tempo de duração da chuva seja no mínimo igual ao tempo de concentração ou até o dobro deste valor. [27]

- *Distribuição espacial da chuva - O método racional modificado, adotado em projetos de microdrenagem, contém o coeficiente de distribuição “n” definido em função da área de drenagem (A):*

$$\text{para } A \leq 1 \text{ ha} \Rightarrow n = 1$$

$$\text{para } A > 1 \text{ ha} \Rightarrow n = A^{-0,15}$$

- *Desagregação temporal da chuva - São recomendados para a desagregação temporal das chuvas os métodos de Huff e dos Blocos Alternados. [27]*
- *MODELAGEM HIDROLÓGICA - A metodologia de cálculos hidrológicos para determinação das vazões de projeto será definida em função das áreas das bacias hidrográficas, conforme a seguir indicadas: [27].*

Método Racional Modificado → Área ≤ 100 ha

Método U.S. Soil Conservation Service (atual NRCS) → Área > 100 ha

- *Método Racional Modificado - O cálculo da vazão pelo Método Racional modificado com a inclusão do critério de Fantoli é determinado pela seguinte equação (9): [27]*

$$Q = 0,00278 n i f A \quad (9)$$

onde:

Q = deflúvio gerado em m³/s;

n = coeficiente de distribuição:

$$\text{para } A < 1 \text{ ha, } n = 1$$

$$\text{para } A > 1 \text{ ha, } n = A^{-0,15}$$

i = intensidade de chuva em mm/h;

A = área da bacia de contribuição em hectares;

f = coeficiente de deflúvio (Fantoli).

$$f = m$$

onde:

t = tempo de concentração em minutos;

$m = 0,0725 C$ (coeficiente de escoamento superficial)

2.5.2 Macrodrenagem

Diferente do micro drenagem onde é levado em consideração o escoamento superficial nas ruas, com as bocas de lobos e as galerias de águas pluviais. Na macrodrenagem, todo espaço antes destinado ao armazenamento natural das águas - as várzeas dos cursos d'água - acabaram eliminadas, dando lugar a áreas urbanizadas e inundáveis. Sendo assim, foi necessária a criação de canalizações dos rios e córregos, alterando o comportamento das cheias e auxiliando na redução de enchentes nos municípios, levando em consideração nos estudos as áreas com maiores vazões como riachos, rios e bacias. [20]

Para a contenção das cheias são utilizadas obras como o piscinão, reservatórios subterrâneos ou ao ar livre, que tem como principal objetivo reter o excesso de água da chuva. [28]

Durante as chuvas o sistema de micro drenagem recebe todo o efluente, são os resíduos provenientes das redes pluviais, que é direcionado para os reservatórios, em seguida escoado até o rio mais próximo. O escoamento é feito através de bombeamento ou gravidade. [29]

Após o grande volume de água é necessário realizar o desassoreamento do piscinão, figura (22). Que consiste na retirada dos resíduos acumulados no fundo do reservatório de retenção para permitir o livre fluxo das águas.

Figura 22 - Limpeza de piscinão



Fonte: [28]

2.6. Grandes enchentes

Com o passar dos anos eleva a quantidade de enchentes ocorridas em grandes partes do mundo, elevando também o número de mortes e desabrigadas no mundo. [30]

As causas das enchentes são separadas em naturais e antrópicas, um exemplo das causas naturais ocorre com chuva em excesso, que muitas vezes pega os meteorologistas de surpresa. Já na causa antrópica ocorre com a moradia em local não apropriado, com a falta de planejamento nos municípios. A má impermeabilização do solo é outra causa devido à ruim absorção da água no solo, sendo a pavimentação e os tipos de cimento utilizados nas cidades. [30]

2.6.1. Enchentes no mundo.

2.6.1.2 Alemanha

Após fortes chuvas em Fischbeck, região norte da Alemanha em 2013, provou que a situação permanece preocupante. Durante a noite um dique não suportou e rompeu, causando a retirada por volta de 500 habitantes, enquanto a enchente avança para o norte, este imprevisto forçou o fechamento de uma ponte ferroviária, prejudicando as linhas Berlim Colônia Frankfurt conforme figura (23). [32]

Figura 23 - Casa de uma família atingida pela enchente na Alemanha em 2013



Fonte: [31]

Mais ao sul, em Magdeburg, capital do estado regional de Saxônia-Anhalt, o nível do Elba começou a cair, a 7,30 metros, depois de alcançar 7,48 m. Habitualmente, o nível do rio fica em dois metros na região. [31]

2.6.1.3 Haiti

Em maio de 2004, uma devastadora enchente atingiu o norte do Haiti. Fruto de uma tempestade tropical, as chuvas torrenciais fizeram com que os rios transbordassem no país, levando destruição e caos a diversas cidades litorâneas. Segundo o governo, foram contabilizadas 2,6 mortes e centenas de desabrigados conforme figura (24)

Figura 24 - Carro devastado pela enchente no Haiti



Fonte: [32]

O Haiti é propenso a enchentes, pois 98% de suas florestas foram derrubadas, principalmente para fazer carvão de cozinha. Em maio, cerca de 2 mil pessoas morreram também em alagamentos no Sul do país. [32]

2.6.1.4 China

Mesmo que a China enfrente chuvas fortes a cada verão, as enchentes acontecidas em maio de 2010 foram as piores em mais de uma década. Um dos principais rios do país, o Yangtze, aumentou 15% a mais do que na sua normalidade, arrasando casas e deixando 1,7 mil mortos conforme figura (25). [32]

Figura 25 - População sofre para desviar das inundações na China (2010)



Fonte: [32]

As perdas econômicas diretas foram avaliadas em US\$ 2 bilhões, com danos e destruição de 155 mil casas e meio milhão de hectares de plantações. [32]

O transporte ferroviário se viu afetado nestas regiões e em metrópoles como a de Xangai, no leste do país, onde mais de 20 mil passageiros ficaram retidos devido à interrupção dos serviços. [32]

2.6.1.5 Índia

Em julho de 2005, enchentes recordes na Índia deixaram 2,5 milhões de desabrigados e outras 1,2 mil vítimas fatais. A enchente complicou o abastecimento de água potável na região conforme figura (26). [32]

Figura 26 - Crianças desabrigadas tentando salvar objetos de suas casas na Índia



Fonte: [32]

Desse modo, inevitável que muita gente foi forçada a beber água infectada já que a maioria das fontes estava suja de lama. No passado, o país já havia contabilizado 900 mortos em consequência de outra grande enchente. Mais duas enchentes nos anos de 2008 e 2009 deixaram no mínimo dois mil mortos e 10 milhões de desabrigados. Ao todo, entre 2005 e 2009, o país computou 4 mil mortes resultante das enchentes. [32]

2.6.1.6 Bangladesh

Figura 27 - Família fugindo da enchente em Bangladesh (2007)



Fonte: [32]

A estação de monções no sul da Ásia, entre junho e setembro, surgiu com força em 2007 em Bangladesh, provocando enchentes que sacrificaram 1,1 mil pessoas. Transbordamentos nos rios atingiram também a Índia, e o Nepal. Segundo o governo, aproximadamente 20 milhões de pessoas ficaram desabrigadas por causa das chuvas nessas regiões. [32]

Quanto ao território afetado, Shamima detalhou que 31 dos 64 distritos do país estão debaixo de água com pelo menos uma ou duas demarcações administrativas unindo-se à lista a cada dia ao mesmo tempo em que a "água baixa em outras áreas". [32]

Esta é a segunda onda de fortes precipitações que afetam Bangladesh, desencadeando inundações nas quais morreram 161 pessoas, a maioria afogada. [32]

2.6.2. Enchentes no Brasil

2.6.2.1 Rio de Janeiro (2018)

Uma forte tempestade atingiu o Rio, na noite de uma quinta-feira, 15 de fevereiro, deixando quatro pessoas mortas de diferentes locais. Duas vítimas foram atingidas num desmoronamento em Quintino. Em Realengo, um policial militar do 3º BPM (Méier) faleceu depois de uma árvore colidir em cima do seu veículo. Devido ao temporal, ainda teve deslizamentos, queda de árvores e enchentes. [33]

Figura 28 - Rua alagada em Vila Isabel



Fonte: [33]

A forte pancada de chuva causou diversas inundações em vários locais. Aproximadamente 00h30, as áreas mais sofridas eram Barra da Tijuca com 98,8mm de chuva, Autoestrada Grajaú-Jacarepaguá com 72,2, Cidade de Deus com 73,2mm de chuva. [33]

Figura 29 - Viaturas do 9º BPM submersas



Fonte: [33]

Durante a madrugada, quatro viaturas do 9º BPM ficaram inundadas no batalhão, fora as viaturas atingidas no pátio, carros particulares dos policiais também foram atingidos. [33]

Figura 30 - Ruas alagadas na Barra da Tijuca



Fonte: [34]

2.6.2.2 Santa Catarina (2008)

Um desastre aconteceu em Santa Catarina. Depois de aproximadamente três meses de chuva, 22 e 23 de novembro choveu o mesmo que seria a média história para o mesmo mês em vários municípios perto do litoral do estado, como por exemplo Blumenau, Joinville, Itajaí entre outros. [34]

Morreram 126 pessoas vítimas de enchentes e desmoronamentos, e por volta de 80 mil desabrigadas, interditando vias principais das cidades, alguns até decretaram estado de calamidade pública. As empresas do estado calcularam uma perda de 358 milhões. [34]

Figura 31 - vista aérea mostra Itajaí inundada



Fonte: [34]

Com o fato ocorrido, todo o país se solidarizou e arrecadaram cerca de 20 milhões por meio de doações. Para diminuir as consequências da destruição, o governo liberou quase 2 bilhões. Foi a catástrofe natural que mais fez vítimas fatais desde o ano de 1974 com enchentes, quando morreu 199 pessoas. Nos últimos quarenta anos morreram mais de 400 pessoas vítimas de enchentes, deslizamentos entre outros. [34]

Figura 32 - desabamento de casas em Blumenau



Fonte: [34]

2.7 Controle de cheias

Os controles de cheias devem ser pensadas preventivamente, inicia-se por algumas questões elementares. Buscando respostas a estas questões poderemos fazer alguma aproximação aos temas. [35]

- Quais as causas das enchentes em áreas urbanas?
- O que significam a drenagem e o controle de cheias em áreas urbanas?

De uma forma geral, as enchentes são fenômenos naturais que ocorrem periodicamente nos cursos d'água devido a chuvas de magnitude elevada. As enchentes em áreas urbanas podem ser decorrentes destas chuvas intensas de largo período de retorno; ou devidas a transbordamentos de cursos d'água provocados por mudanças no equilíbrio no ciclo hidrológico em regiões a montante das áreas urbanas; ou ainda, devidas à própria urbanização. O estudo da ocorrência de chuvas intensas é útil na busca de soluções apropriadas aos problemas de enchentes, entretanto, é por intermédio do estudo dos processos hidrológicos que se definem as ações concretas. [35]

O desmatamento e a substituição da cobertura vegetal natural são fatores modificadores que, em muitas situações, resultam simultaneamente em redução de tempos de concentração e em aumento do volume de escoamento superficial, causando extravasamento de cursos d'água. [35]

Considerando a importância da inter-relação entre uso e ocupação do solo e os processos hidrológicos superficiais, devemos destacar inicialmente que a abordagem dos problemas precisa considerar a extensão superficial na qual estas relações se manifestam. A bacia hidrográfica é a unidade mínima para qualquer estudo hidrológico e assim têm sido historicamente realizados os trabalhos teóricos, experimentais e as ações de planejamento de recursos hídricos. Entretanto, esta unidade é ainda ignorada em muitos trabalhos de drenagem urbana. [35]

As enchentes provocadas pela urbanização devem-se a diversos fatores, dentre os quais destacamos o excessivo parcelamento do solo e a consequente impermeabilização das grandes superfícies, a ocupação de áreas ribeirinhas tais como várzeas, áreas de inundação frequente e zonas alagadiças, a obstrução de canalizações por detritos e sedimentos e também as obras de drenagem inadequadas. [35]

Argumenta-se que a expansão urbana deve realizar-se de forma planejada. Não se pode ignorar, todavia, que a expansão e os fatores acima apontados são antes orientados por questões sociais que os antecedem. [35]

Quando existe, o planejamento que se apoia fortemente na execução de obras para atenuação de cheias, esquece que em algum momento as limitações financeiras irão impedir a implementação das obras previstas. Além disso, a dinâmica social reconfigura o espaço nestes momentos em que rareiam os recursos e as novas soluções exigidas a partir de então tornam-se mais complexas. [35]

Este tipo de planejamento também se esquece que a histórica ausência de soluções integradas e harmônicas entre os sistemas urbanos e os sistemas naturais é também um fator significativo para a ocorrência de enchentes frequentes. [35]

Resumidamente estabelecidas as causas das enchentes em áreas urbanas, cabe a proposição de uma abordagem que seja coerente e sistemática para as ações de mitigação. É neste contexto que se situa a segunda questão levantada. Ela refere-se à forma de conceituar drenagem e controle de cheias em áreas urbanas e, conseqüentemente, refere-se à base conceitual dos princípios que orientam as ações. [35]

A partir da década de 60, passou-se, em alguns países, a questionar a drenagem urbana realizada de forma tradicional que, por intermédio de obras destinadas a retirar rapidamente as águas acumuladas em áreas importantes, transfere o problema para outras áreas ou para o futuro. [35]

Sob esta concepção abrigam-se o projeto de grandes sistemas de galerias pluviais e as ações destinadas à “melhoria do fluxo” em rios e canais, concretizadas através de cortes de meandros, retificações e mudanças de declividade de fundo. Esta visão que ainda predomina em alguns meios técnicos, focaliza o controle do escoamento na própria calha do curso d’água, dando pequena importância à geração do escoamento nas superfícies urbanizadas. [35]

Nos últimos trinta anos, foram introduzidas outras formas de abordar os problemas. As planícies de inundação passaram a ser objeto de planejamento, sofrendo restrições quanto à ocupação e ao tipo de obras, visando principalmente a garantir a área da seção de escoamento e a minimizar as perdas de carga hidráulica em decorrência de edificações nestas áreas. Foram introduzidas as denominadas medidas compensatórias que buscam compensar os efeitos da urbanização, atuando sobre os processos hidrológicos e visando à redução de volumes ou vazões, em diferentes concepções quanto ao porte e localização das obras. Os reservatórios de grande porte destinados à acumulação e ao amortecimento de cheias, definidos a partir de zonas de acumulação naturais, são raramente encontrados em cidades brasileiras. Mais recentemente foram introduzidos reservatórios subterrâneos artificiais destinados a reduzir enchentes em áreas urbanas consolidadas; seu custo é, todavia, muito elevado. [35]

Recentemente vêm-se estudando a redução de vazões a partir de armazenamentos temporários difusos nos próprios lotes urbanos. Há dois aspectos a considerar. [35]

O emprego deste tipo de técnica é delicado já que pressupõe instalações em todas as propriedades individuais e manutenção permanente pelo próprio morador. Em decorrência disto, é necessário o comprometimento responsável dos cidadãos. O outro aspecto a considerar é que mesmo com este tipo de medida, para não resultar no agravamento dos problemas, a rede de galerias, por sua vez, deverá possuir capacidade e estar preparada para atuar independentemente, ainda que em situações emergenciais. [35]

A redução de volumes é baseada em técnicas de infiltração que devem operar a partir do instante em que a precipitação atinge as superfícies. Isto implica não somente na execução de obras difusas, mas principalmente, na incorporação de uma nova postura tecnológica no desenvolvimento de materiais de pavimentação, normativa na sua utilização e metodológica na ocupação dos espaços públicos e privados. O termo drenagem urbana sustentável tem origem recente. Durante as últimas três décadas, a percepção da degradação ambiental generalizada e a crítica aos estilos de desenvolvimento apoiados em uma exploração irracional da natureza vêm motivando numerosas discussões e novas propostas que permitam a sobrevivência do ser humano. Aqueles muito otimistas não reconhecem a dimensão destas questões e preferem esquecer os problemas, acreditando que alguma solução tecnológica poderá advir no futuro. Outros, mais realistas, avisando que a Terra é o único planeta habitado conhecido, preferem propor desde já. Sob este pensamento surgiu o desenvolvimento sustentável, um estilo de desenvolvimento voltado para a sustentabilidade, conceito que estendesse a tudo, inclusive à drenagem urbana. O desenvolvimento sustentável se relaciona com um processo de formulação de políticas que permitem um desenvolvimento que seja sustentável sob o ponto de vista econômico, social e ecológico. Os recursos naturais devem ser utilizados de maneira a não criar dívidas ecológicas por sobre exploração da capacidade de sustento e da capacidade produtiva da Terra. Portanto, em uma aproximação geral se pode dizer então que a perspectiva da sustentabilidade deve contemplar simultaneamente os três aspectos mencionados. [35]

A perspectiva da sustentabilidade associada à drenagem urbana introduz uma nova forma de direcionamento das ações, baseada no reconhecimento da complexidade das relações entre os ecossistemas naturais, o sistema urbano artificial e a sociedade. Esta postura exige que drenagem e controle de cheias em áreas urbanas sejam reconceitualizadas em termos técnicos e gerenciais. A água exerce um papel importante no meio urbano, havendo necessidades de atendimento a demandas diferenciadas, questões relativas à sua qualidade, disponibilidade e escoamento de águas de chuva. A gestão destas águas constitui grande parte do saneamento urbano. Explicar a relação do saneamento com a água é, como diz a sabedoria popular, chover no molhado. A gestão da água no meio urbano é um caso particular da gestão de recursos hídricos. Em consequência, a ação institucional deve integrar, por um lado, a gestão de recursos hídricos e, por outro, o saneamento ambiental. Além disso, o

planejamento de atividades urbanas relacionadas à água deve estar integrado ao próprio planejamento urbano, incluindo-se aqui o desenho da malha urbana e sua expansão, o zoneamento de atividades, a rede viária e de transportes, fluxos de informações, aspectos paisagísticos etc. [35]

Apesar da distância que nos separa desta realidade, ao buscá-la, vamos em direção à melhoria da qualidade de vida. [35]

Igualmente importante, a participação da sociedade é tida como ingrediente essencial no traçado do caminho ao desenvolvimento sustentável, conforme exaustivamente mencionado na literatura ambiental recente. [35]

Ao buscar caminhos para tecnologia que deve ser socialmente sustentáveis, o que implica na participação democrática da sociedade para a tomada de decisão e na execução das ações. Evidentemente esta postura é eminentemente política, todavia nunca é demais lembrar o papel central da educação ambiental na construção do desenvolvimento sustentável. [35]

2.8 Estação de Monitoramento

Numa estação, pode-se fazer o monitoramento das chuvas, do fluxo dos rios, dos sedimentos e da qualidade da água. Lembrando sempre que o monitoramento se dá a partir de medições frequentes, contínuas e padronizadas.

Os dados obtidos geram informações que auxiliam a prevenção, análise e elaboração de prognósticos sobre cheias e secas, manutenção do ecossistema, agricultura, navegação e abastecimento público. [36]

2.8.1 Pluviometria

É a quantidade de chuva que cai em diferentes lugares e épocas do ano, com ela podemos quantificar essa variação dos diferentes pontos, contribuindo assim, para o entendimento dos fenômenos climáticos da região e de eventos como secas e enchentes, a sua operação é fácil e custo relativamente baixo, o qual armazena água da chuva e permite que se quantifique o total por unidade de área em um determinado tempo. Tradicionalmente, a medição é feita em milímetros. [36]

2.8.2 Fluviometria

Abrange as medições de vazão e cota de rios que é importante para subsidiar decisões em diversos setores, como:

- Planejamento de uso dos recursos hídricos
- Meio ambiente
- Aproveitamento hidro energéticos
- Previsão de cheias
- Gerenciamento de bacias hidrográficas
- Saneamento básico
- Abastecimento público e industrial
- Navegação.

A fluviometria se mede pelo nível da água de um rio, também chamada de cota, que é obtida por meio de leitura direta de uma régua, denominada régua milimétrica de alumínio, PVC ou fibra de vidro, graduada a cada 1 centímetro e numerada a cada 2 cm, instalada à margem do rio, seguindo a sua seção transversal do Rio. [36]

2.8.3 Vazão

A vazão indica o volume de água que passa por uma seção em uma dada unidade de tempo. Também é conhecida como descarga líquida. Pode ser expressa em metros cúbicos por segundo (m^3/s). [36]

Se o local de instalação da régua for estabelecido levando em conta os critérios corretos, a cada vazão corresponderá uma e somente uma marca na régua. [36]

A correspondência entre essas duas grandezas é estabelecida pela equipe de hidrologia após diversas medições nas estações secas e úmidas e observação contínua das marcas da linha d'água na régua, durante vários anos. [36]

2.9 Medidas estruturais e não estruturais

Medidas não estruturais são quando se procura reduzir as consequências das inundações, sem o intermédio de obras, mas sim com conscientização da população para a manutenção do sistema de drenagem e programa que visem o uso consciente da ocupação do solo. [36]

O controle das cheias, sejam elas enchentes ou inundações, conta com dois tipos de medidas distintos, porém que se trabalhadas em conjunto de forma correta complementam uma a outra. Tais medidas estruturais são aquelas que envolvem obras de engenharias que geralmente são de alto custo como construção de uma barragem, por exemplo. Já as medidas não estruturais são referentes a ações de políticas direcionadas ao planejamento de uso do solo, gerenciamento de zoneamento, educação ambiental e planos de defesa civil.

Apesar das medidas estruturais associadas às medidas não estruturais poderem ser aplicadas para a mitigação de inundações em bacias urbanizadas, “as ações públicas, em muitas cidades brasileiras, estão indevidamente voltadas para medidas estruturais de visão pontual.” [37].

Isso talvez se explique em virtude de as medidas estruturais serem, normalmente, obras de engenharia, o que traz a grandiosidade aos olhos da população com certa sensação de proteção. [37]

As construções de barragens, diques, canalizações em muitos dos casos são necessárias, porém, as ações de cunho social, econômico e administrativo também têm seu papel decisivo, através da educação e principalmente da conscientização por parte da população e do poder público. [37]

A abordagem desta pesquisa, considerando definições anteriores, subdivide-se em medidas estruturais e medidas não estruturais como segue. [37]

2.9.1 Medidas Estruturais

As medidas estruturais são medidas de controle de enchentes e inundações que são essencialmente construtivas, como represas, reservatórios de retenção, melhoramento de canal de rio, canais de desvio e barragens. [37]

Medidas estruturais são de grande importância para a solução de grande parte dos problemas das inundações, porém isoladas não representam soluções eficazes e

sustentáveis, sem contar com os altos custos de sua implantação e manutenção. A própria comunidade possui influência direta quando se busca soluções para a minimização das inundações, preterindo quase sempre medidas estruturais, talvez por serem obras vultosas que chamam a atenção e dão a sensação de proteção

As medidas estruturais são obras de engenharia, intensivas e extensivas. [37]

Intensivas: desaceleração do escoamento – canalização,

Retardamento do fluxo – reservatórios, bacias,

Desvio de escoamento – canais de desvio,

Ações para tornar edificações a prova de enchentes.

Extensivas: correspondem aos armazenamentos disseminados na bacia, área de várzeas, controle de erosão, sempre ao longo da bacia de drenagem. [37]

Visto isso, seguem definições relacionadas às medidas não estruturais.

2.9.2 Medidas Não Estruturais

São as medidas que buscam reduzir os danos ou as consequências das inundações, não por meio de obras, mas pela introdução de normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação de sistemas de alerta e a conscientização da população para a manutenção dos dispositivos de drenagem. [37].

“As medidas não-estruturais defendem na sua concepção a melhor convivência da população com as cheias. Não são projetadas para dar proteção completa, já que para isso teria que prever o maior evento possível o que não é uma tarefa fácil e nem confiável”. [37].

Por apresentarem características reguladoras, minimizam os impactos das inundações a um custo menor e cabe ao poder público a gestão. O Plano Diretor do Uso do Solo é o instrumento ordenador aos municípios. Para áreas habitadas há também a necessidade de um Plano de Defesa Civil, ou no caso de operação de reservatório um sistema de emergência e operação. Ações fiscalizadoras assumem outro importante papel. Aponta a pressão na ocupação de áreas de risco como maximização dos impactos, frente a uma falta de políticas voltadas para este fim. [37]

Ações não estruturais podem ser mais eficazes a custo baixo e longas atuações, diferente das ações estruturais que dão uma falsa sensação de segurança e indução de ampliação de ocupação de áreas inundáveis. [37]

As mais adotadas, medidas não estruturais são agrupadas em:

Ações de regulamentação do uso e ocupação

Educação ambiental voltada ao controle da poluição, erosão e lixo.

Seguro enchente

Sistema de alerta e previsão de inundações. [37]

2.10 Geoprocessamento

A atualização das informações cadastrais e socioeconômicas é de fundamental importância para uma gestão municipal que busca o desenvolvimento sustentável, independentemente da área urbanizada, do número de habitantes ou das particularidades encontradas em cada município. Geralmente as pequenas e médias cidades brasileiras sofrem com o crescimento descontrolado e informalidade da ocupação de seu território, fato que influencia diretamente a preservação do meio ambiente e conseqüentemente a qualidade de vida da população. Portanto, a base cartográfica cadastral é fundamental para apoiar o planejamento e a tomada de decisão. Mapeamentos em grande escala devem ser atualizados em um nível de detalhamento que permita aos técnicos encarregados do planejamento urbano extrair as informações de seu interesse. [38]

A integração de Sistemas de Informação Geográficos, Sensoriamento Remoto, Aerofotogrametria e outras formas de mapeamento pode ser uma solução para a gestão dessa grande massa de dados, porém os softwares comerciais disponíveis no mercado demandam um alto valor de investimento, o que inviabiliza sua implantação em pequenos e médios municípios. Desta forma este artigo vem apresentar uma comparação entre as alternativas gratuitas disponibilizadas e se estas atendem as necessidades de municípios com restrições orçamentárias. [38]

Focaliza-se no trabalho o estudo da qualidade do produto cartográfico e a base de dados cadastral municipal, gerados a partir da utilização dos softwares livres propostos. Para tanto, foram realizadas a manipulação de imagens de alta resolução por meio técnicas de processamento digital de imagens, manipulação e edição de base

cartográfica cadastral, análises espaciais e gerenciamento de banco de dados cadastral, a fim de analisar a qualidade dos produtos gerados e as funcionalidades de cada ferramenta. Resultados preliminares apontam para a factibilidade do uso destes softwares como solução para o gerenciamento especializado de informações cadastrais considerando as especificidades de cada localidade. [38]

Os SIGs (Sistemas de Informação Geográfica) são programas capazes de manipular mapas e tabelas vinculadas aos mesmos, a partir de operações em um banco de dados georreferenciados. Podem ser utilizados em diversas aplicações que envolvam análise espacial, como por exemplo, monitoramento ambiental, elaboração de mapas de zonas de risco, gerenciamento de serviços públicos, cadastro técnico urbano e rural, entre muitos outros. Nesse contexto, a utilização de um SIG no planejamento urbano, é primordial tanto na redução de tempo, quanto custos para as prefeituras municipais, o que torna a escolha de softwares que atendam tais necessidades um fator primordial. [38]

As análises das ferramentas de manipulação e edição de dados espaciais disponibilizadas pelos softwares avaliados os distinguem de outras tecnologias como programas CAD, por exemplo, puramente gráficos, pois são capazes de gerar e relacionar informações tabulares a respeito das representações. Para o cadastro urbano essa capacidade auxilia tanto a tomada de decisões quanto a identificação de situações de difícil percepção. [38]

2.11 QGIS

O desenvolvimento tecnológico e crescente em vários segmentos da sociedade e em várias áreas de conhecimento. Este não ocorre de forma igual em todas as áreas, mas, há algumas que se destacam pela rapidez, como a da informática. Dada essa possibilidade de mudança rápida, existe uma preocupação em acompanhar o uso e as aplicações das novas tecnologias. Várias áreas do conhecimento foram beneficiadas e até revolucionadas pelo desenvolvimento tecnológico da informática, como a Cartografia e a Geografia. [39]

A informação geográfica é estudada e utilizada pela humanidade desde seus primórdios e o desenvolvimento tecnológico produziu os Sistemas de Informação Geográfica – SIG, que estão atualmente num patamar de popularização muito alto. Esta

popularização ocorreu, em parte, pelas iniciativas de desenvolvimento de softwares livres de SIG. [39]

O Quantum GIS (QGIS) é um SIG que permite análise de dados espaciais, visualização e edição. Possibilita aos usuários criar mapas multicamadas, utilizando várias projeções cartográficas. Estes mapas podem ter várias finalidades como análises ambientais, urbanas, demográficas, dentre outras. “QGIS suporta um grande número de formatos de dados matriciais e vetoriais que são facilmente adicionados usando a arquitetura de plug-in”. [38]

QGIS sistema resultante de um projeto oficial da Open Source Geospacial Foundation (OSGEO), software gratuito, com interface gráfica simples, de código aberto, funciona em diversas plataformas. [39]

O projeto QGIS teve início no ano de 2002. Segundo a revista FLOSSGIS de 06-2011, o software é resultado do trabalho de um grupo de desenvolvedores, tradutores, autores de documentação e pessoas que ajudam no processo de lançamento de novas versões. Escrito em linguagem C++ e Python é administrado pelo Project Steering Committee, um grupo de técnicos e especialistas em geoprocessamento. Por tratar-se de um aplicativo baseado em uma biblioteca de código aberto, os usuários podem participar do processo de desenvolvimento do programa, escrevendo novas rotinas para as mais diversas aplicações relacionadas. [39]

Dados do mundo real podem ser representados no formato vetorial e matricial. No SIG são dispostos em forma de camadas, representam elementos geográficos, rios, estradas, declividade. Alguns complementos do Qgis para auxiliar nas tarefas são, Quickmap Service, SpreadsheetLayer, MMQgis. Dados Raster (Matricial), Espaços geográficos classificados em discreto ou contínuo. [40]

Discreto – apresentam fronteiras definidas como rios, quadras, ruas.

Contínuo – não possuem fronteiras definidas como espaços, elevação, chuva, temperatura. [40]

No SIG utiliza-se as representações para os espaços discretos e matricial para contínuo. [40]

QGIS é um programa de Sistema de Informação Geográfica com código aberto e licenciado sob a Licença Pública Geral GNU.

Fornecer um número crescente de recursos fornecidos por funções básicas e “plugins”. No programa, é possível:

- Visualização de dados: Ver ou sobrepor dados vetoriais e matriciais em diferentes formatos e projeções sem conversão para um formato interno ou comum. [41]
- Exploração de dados e compositores de mapas: Possibilidade de compor mapas e interativamente explorar dados espaciais com uma interface gráfica amigável. [41]
- Criar, editar, gerir e exportar dados
- Analisar dados: Possível executar a análise de dados espaciais em bancos de dados espaciais e outros formatos compatíveis com OGR. O QGIS atualmente oferece ferramentas de análise vetorial, amostragem, geoprocessamento, geometria e gerenciamento de banco de dados. [41]

“software que é livre de custos e gratuito num senso social. Você pode fazer quantas cópias você quiser. Quando os estudantes deixam a escola um dia eles poderão usar este software para construir as suas capacidades, resolver problemas no trabalho e tornar o mundo num lugar melhor.” [42]

3. MATERIAIS E METODOS

3.1 Piracaia

Localização: Zona Bragantina

Data de fundação: 16 de junho de 1817

Data de emancipação política: 24 de março de 1859

Área do município: 385 568km² (IBGE 2016)

População: 26.991 habitantes (IBGE 2017)

Altitude: 830m

A origem do nome “Piracaia” é guarani cujo significado é “cardume de peixe”. Piracaia, antiga Santo Antônio da cachoeira, foi fundada na então freguesia de Nazaré, a nordeste do estado, a margem esquerda do Rio cachoeira, em território que pertencia ao município de Atibaia. Sua fundação data de 16 de junho de 1817, quando Dona Leonor de Oliveira Franco fez a doação do terreno e mandou construir por sua própria conta uma pequena capela sob a invocação de Santo Antônio. [43]

O município de Piracaia possui uma topografia montanhosa, fortemente ondulada, sua área está localizada na Serra da Mantiqueira, uma das regiões mais montanhosas do país. [43]

Conta também com uma bacia hidrográfica do rio Cachoeira, que dentro dos limites do sistema Cantareira, abrange uma área de 39.167,3 hectares. Possui três barragens, sendo elas Jaguari/Jacareí, Rio Cachoeira e Rio Atibainha. O represamento destes rios permite um volume constante no período de estiagem, beneficiando toda região de Campinas. [44]

Com 50,4% da urbanização de vias públicas [43], foram localizadas através de estudos, com notícias, imagens registradas por moradores, seis pontos de alagamentos no município, dentre eles alguns são em bairros, afetando residências, outros em estradas sem afetar residências, mas gerando problemas para o tráfego de veículos. Os alagamentos ocorrem em áreas próximas ao córrego, onde está o curso d'água, devido a falta do projeto de drenagem pluvial no município.

3.2 Sistema Cantareira e Reservatório Cachoeira

O Sistema Cantareira é formado por uma série de reservatórios, túneis e canais, que captam e desviam água de alguns dos cursos de água da bacia do rio Piracicaba para a bacia do rio Juqueri, realizando, nesse momento, a transposição de águas para a bacia do Alto Tietê. A finalidade dessa transposição é o abastecimento de parte da Região Metropolitana de São Paulo - RMSP, constituindo seu maior sistema produtor. Atualmente, o Sistema Cantareira contribui com o abastecimento de aproximadamente 33 m³/s para a RMSP, abastecendo 8,8 milhões de pessoas nas zonas norte, central, parte da leste e oeste da Capital e nos municípios de Franco da Rocha, Francisco Morato, Caieiras, Guarulhos (parte), Osasco, Carapicuíba, Barueri (parte), Taboão da Serra (parte), Santo André (parte) e São Caetano do Sul. O Sistema Cantareira abrange seis reservatórios - Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro e Águas Claras, sendo os quatro primeiros localizados nos afluentes do rio Piracicaba de mesmo nome. Esses reservatórios, que são ligados por túneis e canais, têm o objetivo de reter água e transpor para a Estação de Tratamento de Água - ETA Guaraú. As principais obras de regularização do Sistema estão esquematizadas na Figura 9. [22]

Figura 33 - Esquema simplificado do Sistema Cantareira



Fonte: [28]

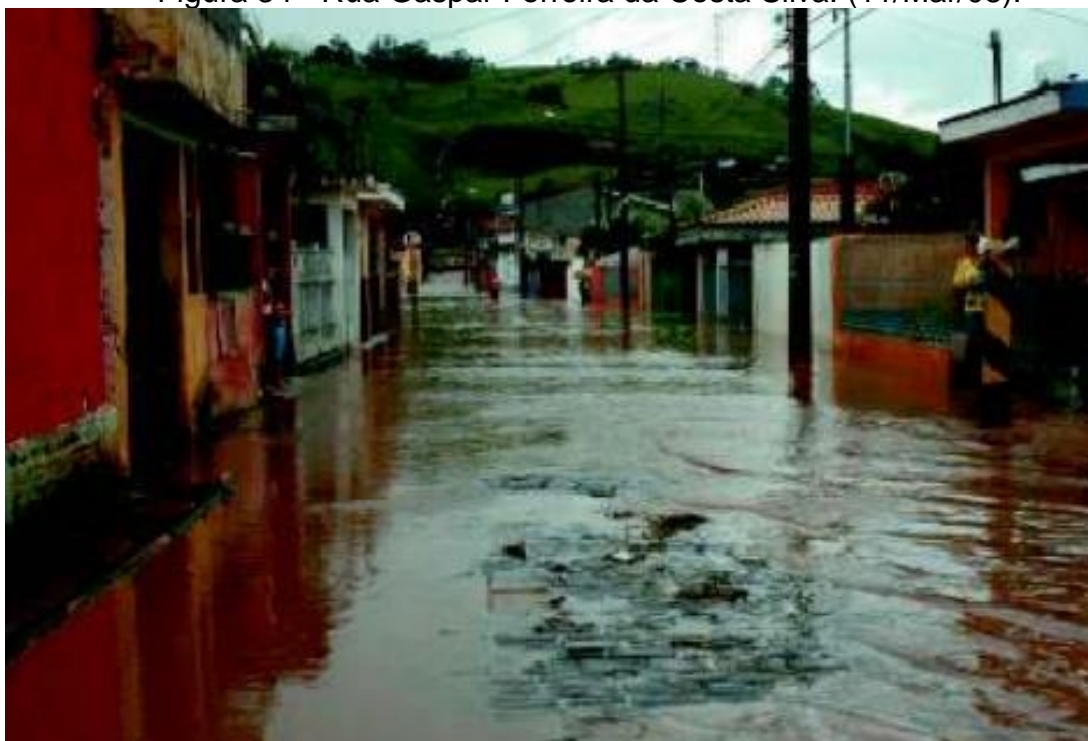
3.3 Cheias históricas em Piracaia

3.3.1 Enchente 30 março de 2008

A temporada de chuva traz grandes estragos às famílias desfavorecidas que residem em locais de risco, locais este onde residências foram construídas aos níveis do rio e passaram a ficar sujeitas a alagamentos, fazendo com que famílias percam o pouco que tem para manter a subsistência familiar.

Em 2008, após um dia intenso de chuva, moradores tiveram suas residências alagadas, carro arrastado pelas ruas devido a grande quantidade de água. Esses não foram os únicos estragos que a chuva causou na cidade, há também alertas de desmoronamento. [44]

Figura 34 - Rua Gaspar Ferreira da Costa Silva. (11/Mar/08).



Fonte: [30]

Alagamento ocorrido no centro do município no ano de 2008 conforme figura (39).

Figura 35 - Rua João de Moraes Goes.(11/Mar/08).



Fonte: [30]

Devido as construções proximas ao correjo houve enchente conforme figura (40) e (41).

Figura 36 – Jardim Alvorada. (11/Mar/08).



Fonte: [30]

Figura 37 – Jardim Alvorada. (11/Mar/08).



Fonte: [30]

3.2.2 Enchente 15 de janeiro de 2015

Segundo imagens coletadas por moradores do local, no dia 15 de janeiro de 2015, houve enchentes em diversos pontos do município, conforme mostram as imagens a seguir.

3.2.3 Enchente 11 janeiro de 2011

A incessante temporada de chuvas vem causando estragos nesse início de 2011. De acordo com a Defesa Civil, em Piracaia cerca de 50 Residências foram atingidas por alagamentos, mas apenas quatro famílias foram desalojadas, que estão abrigadas em escolas municipais de Piracaia onde recebem assistência da prefeitura. [44]

Devido a forte chuva foi constatado que há vários pontos comprometidos por deslizamentos de terra como por exemplo nas extensões da Avenida Marginal, Santo Cruzeiro, Rodovia Jan Antonin Bata e na Jd Alvorada I.

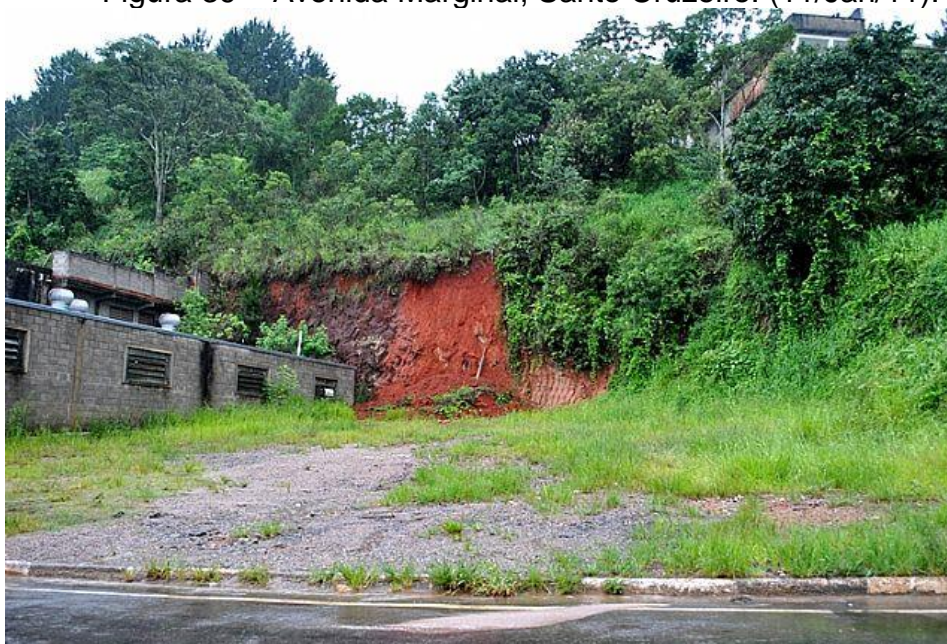
Figura 38 - Avenida Marginal, Santo Cruzeiro. (11/Jan/11).



Fonte: [30]

Devido a grande intensidade houve desmoronamento do talude conforme figura (43).

Figura 39 – Avenida Marginal, Santo Cruzeiro. (11/Jan/11).



Fonte: [30]

Novamente após outro período de chuva a região do Jardim Alvorada I foi novamente afetada, conforme figura (44) a (46).

Figura 40 – Alvorada I. (11/Jan/11).Jardim



Fonte: [30]

Figura 41 – Jardim Alvorada I. (11/Jan/11).



Fonte: [30]

Figura 42 – Jardim Alvorada I. (11/Jan/11).



Fonte: [30]

3.3.4 Alagamento 27 fevereiro de 2018

As fortes chuvas na segunda-feira (27) atingiram bairros e o centro de Piracaia (SP) e pegaram os moradores de surpresa. Os locais mais sofridos com esse fenômeno natural foram o Jardim Alvorada e o bairro Vila Nova. Não teve nenhum registro de acidentes com pessoas feridas e desabrigadas.

“Com a chuva que veio em casa, perdi um guarda-roupa, colchão das crianças, que acabei de comprar e estava pagando as prestações, além de outros móveis da sala, como a raque”, afirma o pintor, vítima da enchente. Segundo ele, a água demorou aproximadamente uma hora para sair de sua casa. [46]

A Defesa Civil de Piracaia confirmou que não houve nenhum registro de acidente, disse que as equipes irão realizar uma vistoria pelas ruas da cidade e fazer a limpeza dos locais que sofreram com a enchente. [46]

Figura 43 – Casa de uma família atingida pela enchente. (27/Fev./18).



Fonte: [46]

Rua alagada registrada por morador, no dia da enchente, conforme figura (48) e (49).

Figura 44 – Enchente (27/fev./18)



Fonte: Morador do município

Figura 45 – Enchente (27/Fev/18)

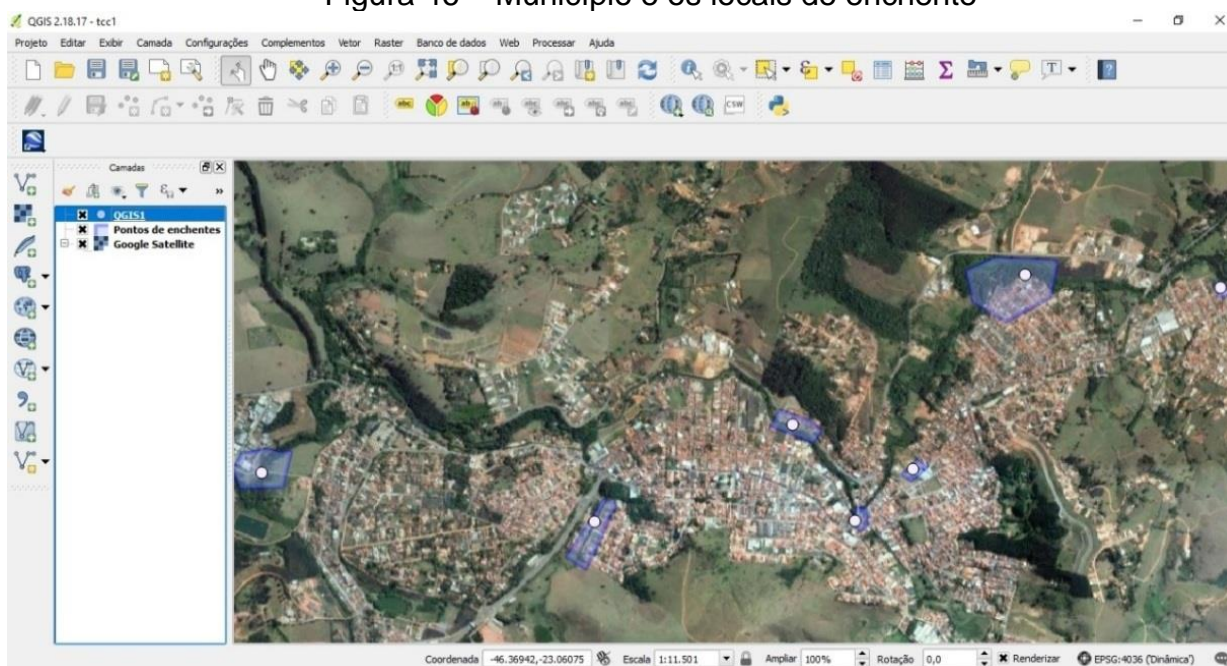


Fonte: Morador do município

3.4 Construção do mapa de georreferenciamento dos pontos de cheia em Piracaia

Através das informações e localização dos pontos de enchente, foram identificados no mapa com visão geral de todas as áreas afetadas no município.

Figura 46 – Município e os locais de enchente



Fonte: Elaborado pelo autor

3.5 Construção de tabelas de dados históricos dos pontos de cheias mapeados

A tabela (4), apresenta dados coletados pela rede telemétrica situada no centro da cidade de Piracaia-SP, que em vermelho informa os dados máximos de pluviometria, fluviometria, vazão e o tempo de duração da chuva nos pontos dos alagamentos na cidade em março de 2008.

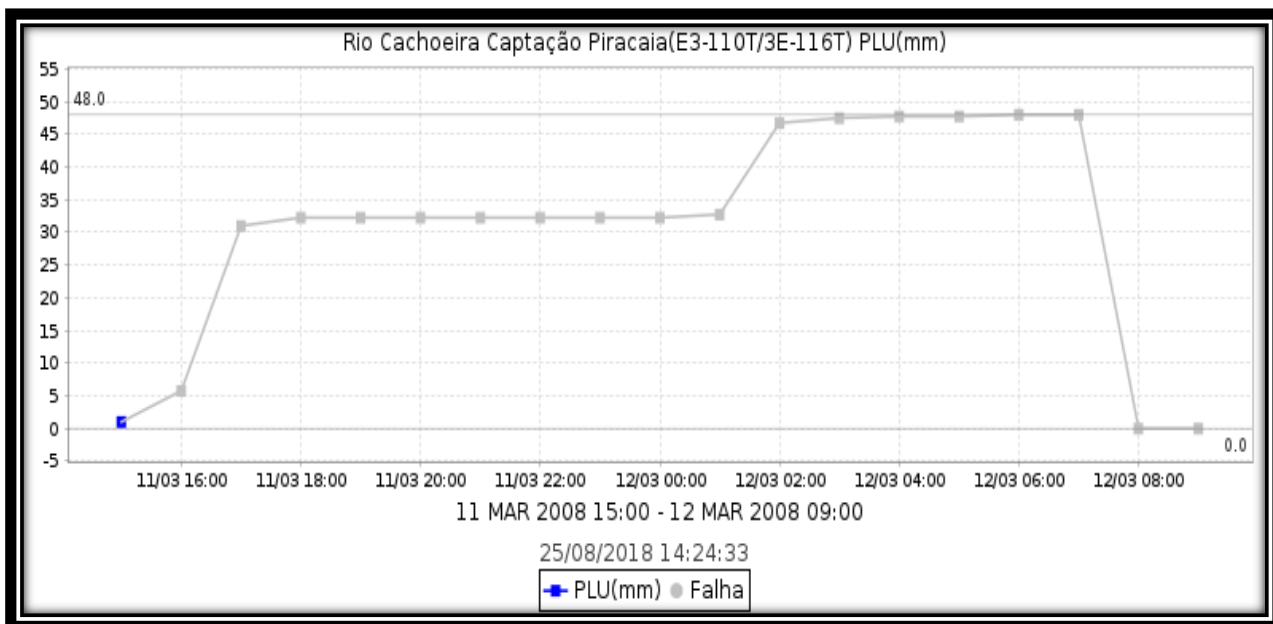
Tabela 4 - Dados Telemetria DAAE Cidade de Piracaia-SP

X= -46.34542Y= -23.04584				
terça-feira, 11 de março de 2008				
PLU (mm)		FLU(m)		Q(m³/s)
Hora	Valor	Hora	Valor	Valor
16:00:00	5	16:00:00	1	0,7
18:00:00	30	18:00:00	1,4	1,9
20:00:00	30	20:00:00	1,72	2,96
22:00:00	30	22:00:00	1,65	2,8
00:00:00	30	00:00:00	1,55	2,6
02:00:00	45	02:00:00	1,45	2,1
04:00:00	48	04:00:00	1,5	2,3
06:00:00	48	06:00:00	1,4	2
08:00:00	0	08:00:00	1,3	1,6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com as informações coletadas como local, período e ano de 2008 é possível acessar pelo site do ANA o sistema de rede telemétrica das estações de monitoramento que geram gráficos como dados pluviométricos, fluviométricos e vazão conforme figura (51) à (53).

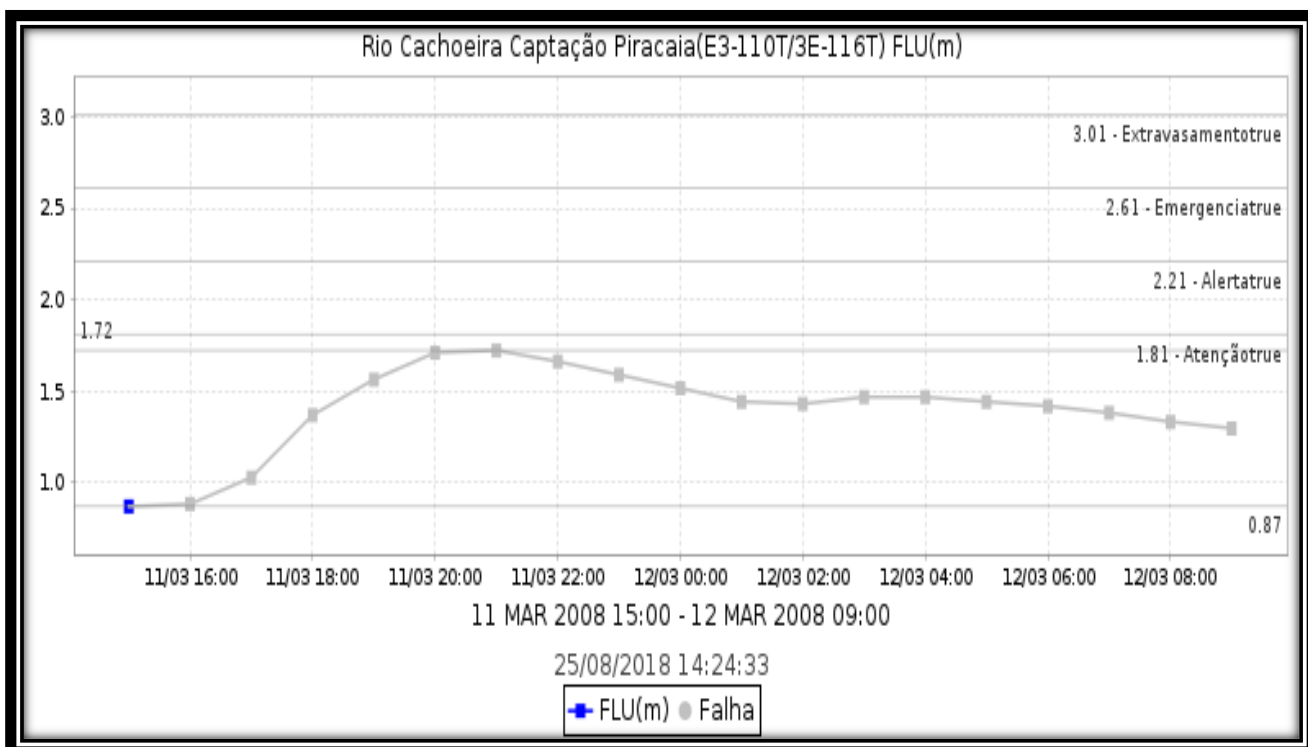
Figura 47 - Gráfico Pluviométrico da Estação Rio Cachoeira



Fonte: [47]

Rede telemétrica da captação do Rio Cachoeira.

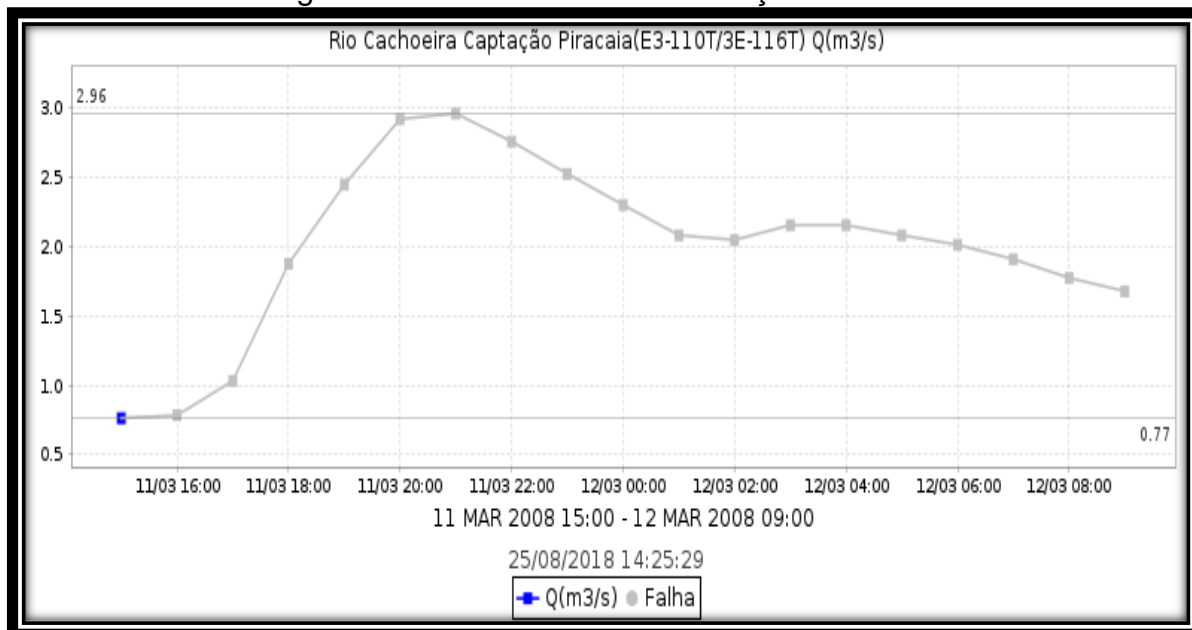
Figura 48 - Gráfico Fluviométrico da Estação Rio Cachoeira.



Fonte: [47]

Rede telemétrica da captação do Rio Cachoeira.

Figura 49 - Gráfico Vazão da Estação Rio Cachoeira



Fonte: [47]

A tabela (5), apresenta dados coletados pela rede telemétrica situada no centro da cidade de Piracaia-SP, que em vermelho informa os dados máximos de pluviometria, fluviometria, vazão e o tempo de duração da chuva nos pontos dos alagamentos na cidade em Janeiro de 2011.

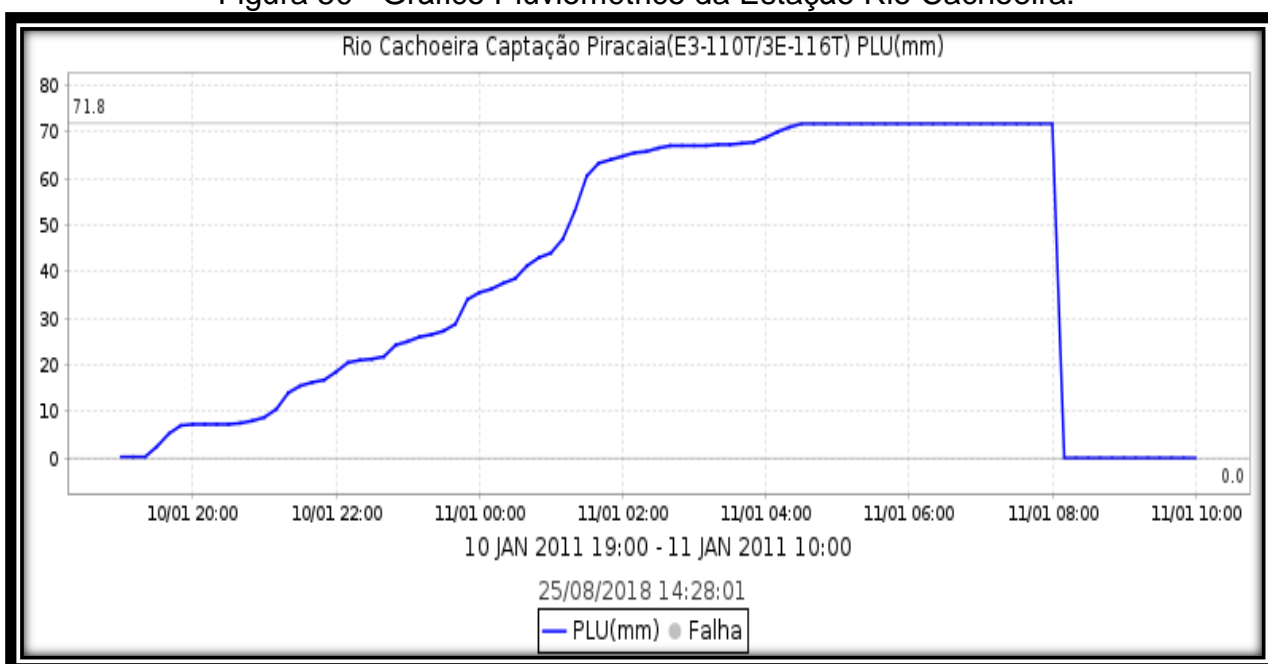
Tabela 5 - Dados Telemetria DAAE Cidade de Piracaia-SP

X= -46.34542Y= -23.04584 / X= -46.35002 Y= -23.05376 / X= -46.352385 Y=-23.055850 / X= -46.35493 Y= -23.05193 / X= -46.376608 Y= -23.053879 / X= -46.36300 Y= -23.05589				
segunda-feira, 10 de janeiro de 2011				
PLU (mm)		FLU(m)		Q(m³/s)
Hora	Valor	Hora	Valor	Valor
20:00:00	8	20:00:00	0,85	0,5
22:00:00	21	22:00:00	1	0,7
00:00:00	37	00:00:00	1,3	1,5
02:00:00	65	02:00:00	2	3,5
04:00:00	71,8	04:00:00	2,38	5,15
06:00:00	71,8	06:00:00	2,3	4,9
08:00:00	71,8	08:00:00	2,2	4
10:00:00	0	10:00:00	1,9	3,4

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com as informações coletadas como local, período e ano de 2011 é possível acessar pelo site do ANA o sistema de rede telemétrica das estações de monitoramento que geram gráficos como dados pluviométricos, fluviométricos e vazão conforme figura (54) à (56).

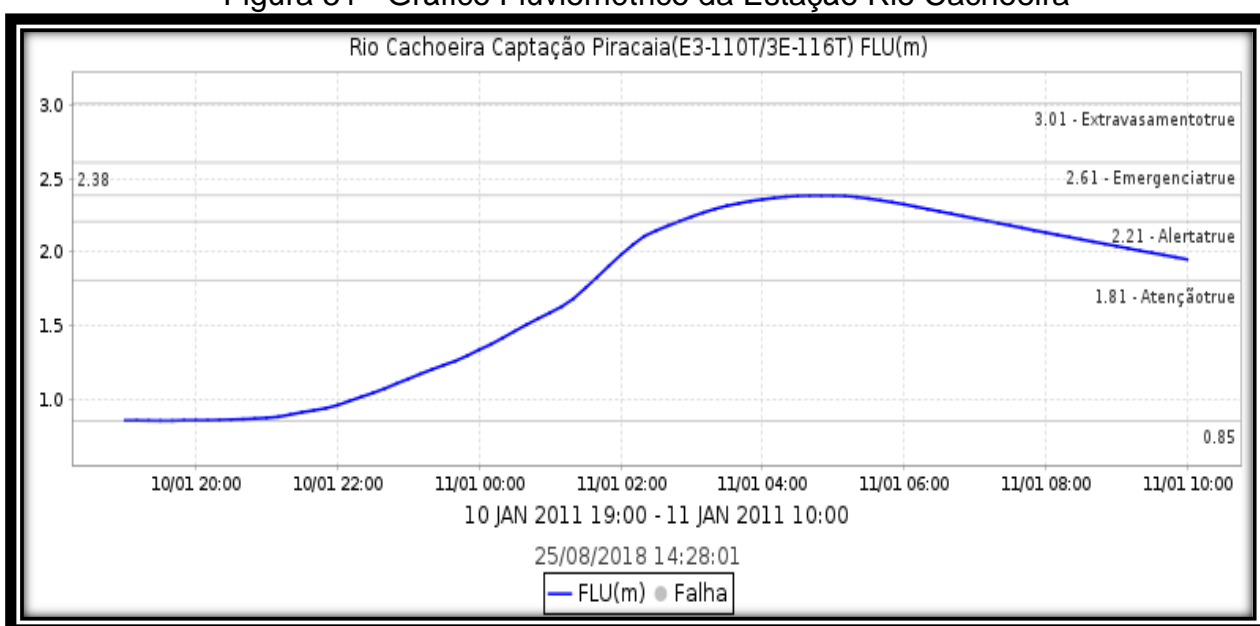
Figura 50 - Gráfico Pluviométrico da Estação Rio Cachoeira.



Fonte: [47]

Rede telemétrica da captação do Rio Cachoeira.

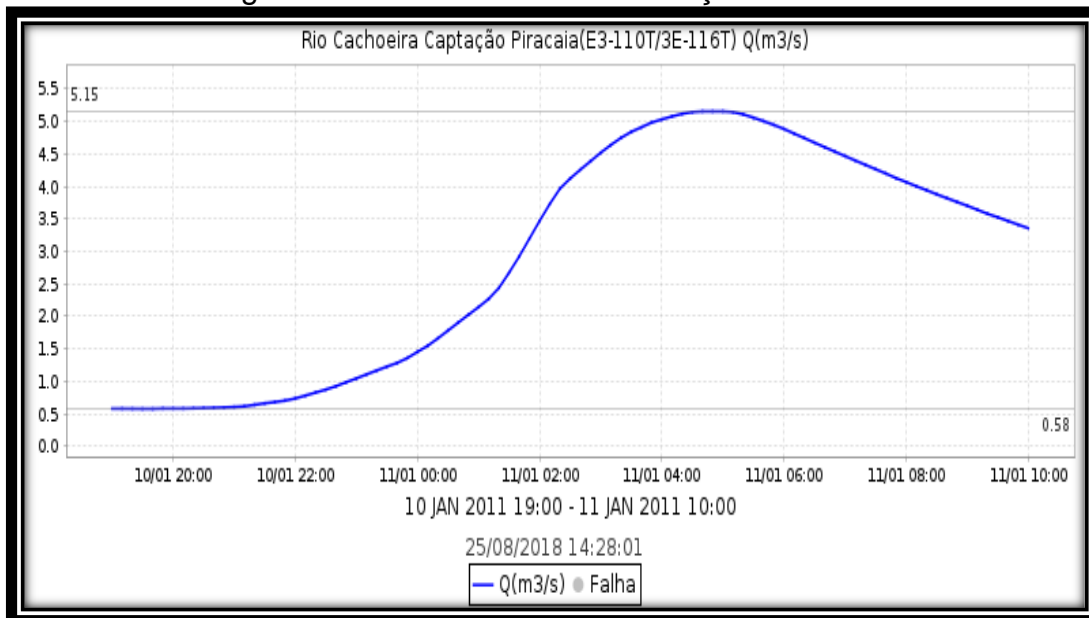
Figura 51 - Gráfico Fluviométrico da Estação Rio Cachoeira



Fonte: [47]

Rede telemétrica da captação do Rio Cachoeira.

Figura 52 - Gráfico Vazão da Estação Rio Cachoeira.



Fonte: [47]

A tabela (6), apresenta dados coletados pela rede telemétrica situada no centro da cidade de Piracaia-SP, que em vermelho informa os dados máximos de pluviometria, fluviometria, vazão e o tempo de duração da chuva nos pontos dos alagamentos na cidade em fevereiro de 2018.

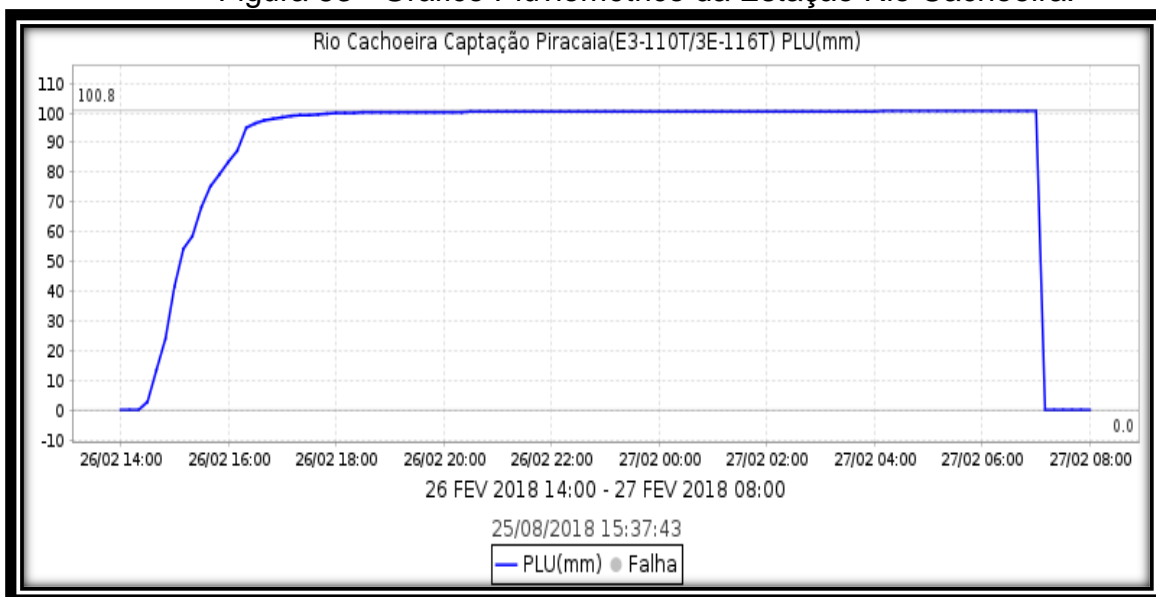
Tabela 6 - Dados Telemetria DAAE Cidade de Piracaia-SP

segunda-feira, 26 de fevereiro de 2018				
PLU (mm)		FLU(m)		Q(m³/s)
Hora	Valor	Hora	Valor	Valor
14:00:00	0	14:00:00	1,4	0,2
16:00:00	98	16:00:00	2,1	1
18:00:00	100,8	18:00:00	2,65	2,56
20:00:00	100,8	20:00:00	2,6	2,5
22:00:00	100,8	22:00:00	2,4	1,8
00:00:00	100,8	00:00:00	2,2	1,48
02:00:00	100,8	02:00:00	2,1	1,25
04:00:00	100,8	04:00:00	2	0,9
06:00:00	100,8	06:00:00	1,9	0,7
08:00:00	0	08:00:00	1,8	0,6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com as informações coletadas como local, período e ano de 2018 é possível acessar pelo site do ANA o sistema de rede telemétrica das estações de monitoramento que geram gráficos como dados pluviométricos, fluviométricos e vazão conforme figura (57) à (59).

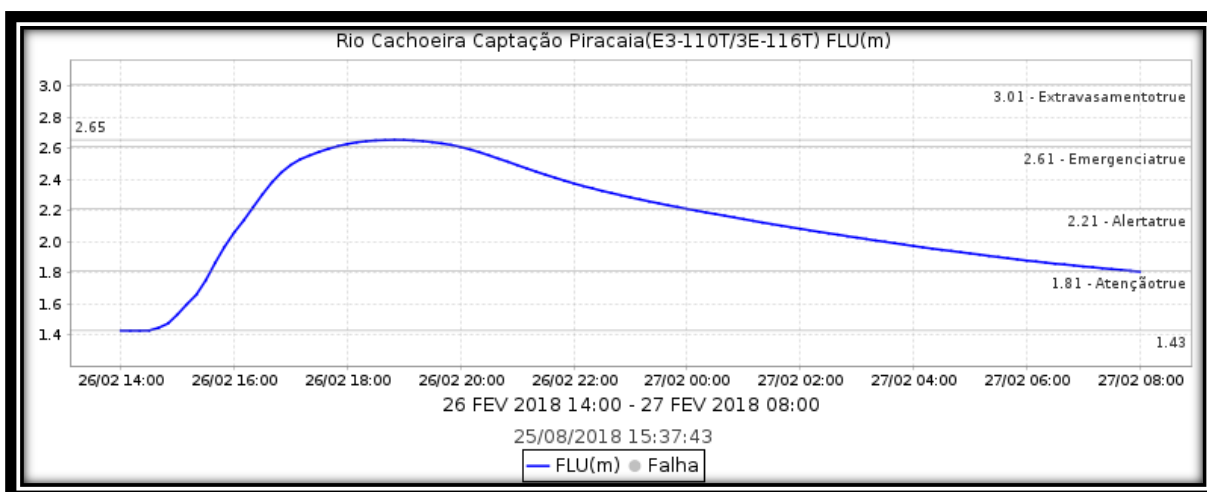
Figura 53 - Gráfico Pluviométrico da Estação Rio Cachoeira.



Fonte: [47]

Rede telemétrica da captação do Rio Cachoeira.

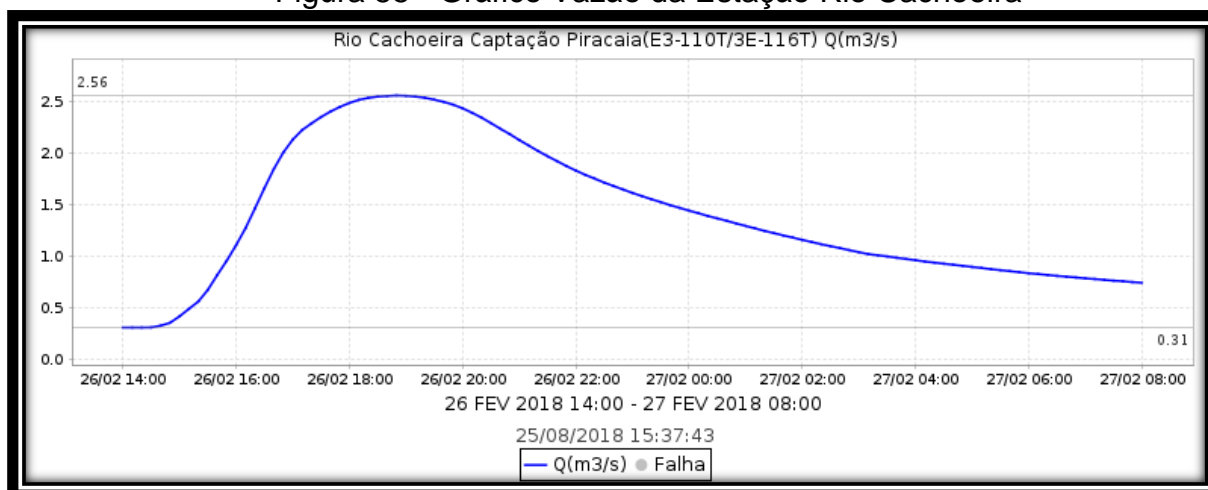
Figura 54 - Gráfico Fluviométrico da Estação Rio Cachoeira.



Fonte: [47]

Rede telemétrica da captação do Rio Cachoeira.

Figura 55 - Gráfico Vazão da Estação Rio Cachoeira



Fonte: [47]

3.5 Inserção de dados no mapa

Conforme seguido as instruções descritas algumas ferramentas úteis não estão incorporadas por padrão no QGIS. Sendo necessário a instalação do Quickmap Service.

- Clique no menu Complementos > Gerenciar e instalar complementos. [40]

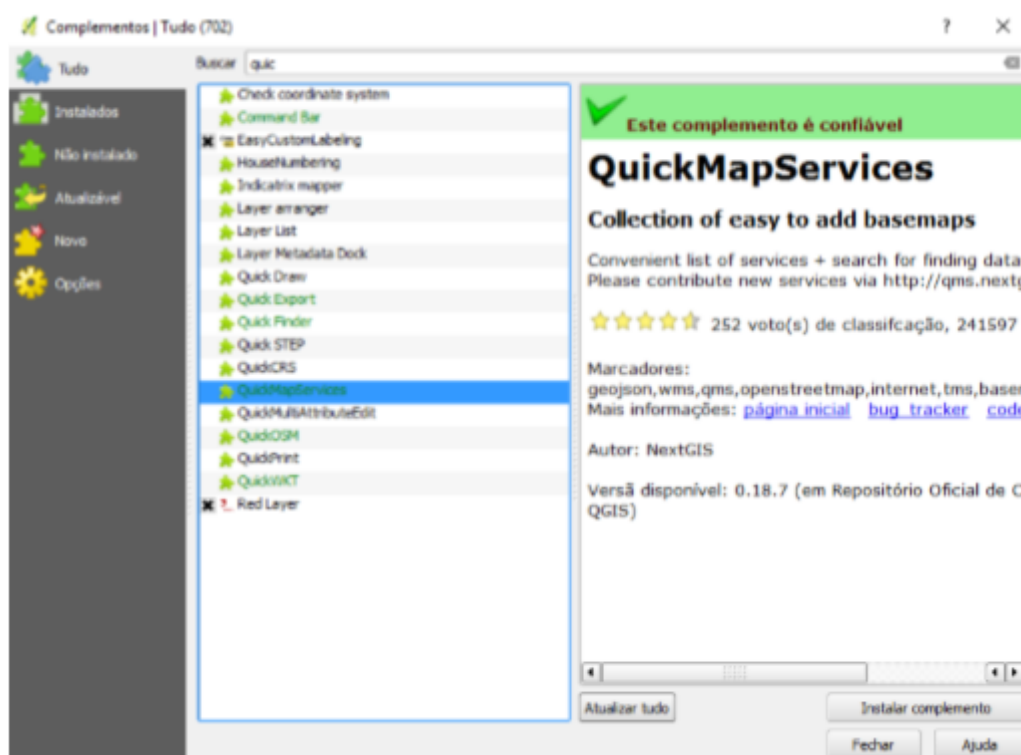
Figura 56 – Instalação complemento QGIS



Fonte: [40]

- Em Buscar, digite “quick” > selecione o complemento > clique em Instalar complemento. [40]

Figura 57 - Instalação complemento QGIS



Fonte: [40]

Após a mensagem de que o complemento foi instalado corretamente, repita o processo e instale os demais complementos.

- Feche a janela.

O sistema de mapeamento pode ser alimentado por banco de dados, podendo ser adicionados, tabelas, contendo diferentes tipos de informações, onde podem ser separadas por colunas numa mesma linha referente à cada ponto, como por exemplo datas, vazões, endereço, etc. Também é possível dimensionar os polígonos de forma livre, conforme suas características especificações.

Os polígonos são as delimitações do programa onde é possível “desenhar”, para utilizar como referência na demonstração no mapa e realizar o estudo. Podem ser realizados diversos polígonos, em diferentes pontos, bem como a edição com cores, transparências, conforme demonstrado neste estudo.

Após a coleta dos dados como fluviometria, pluviometria, vazão, área de cada ponto, e coordenadas, os dados foram adicionados à uma planilha do Microsoft Excel, onde pode ser reconhecido e aplicados pelo programa QGIS.

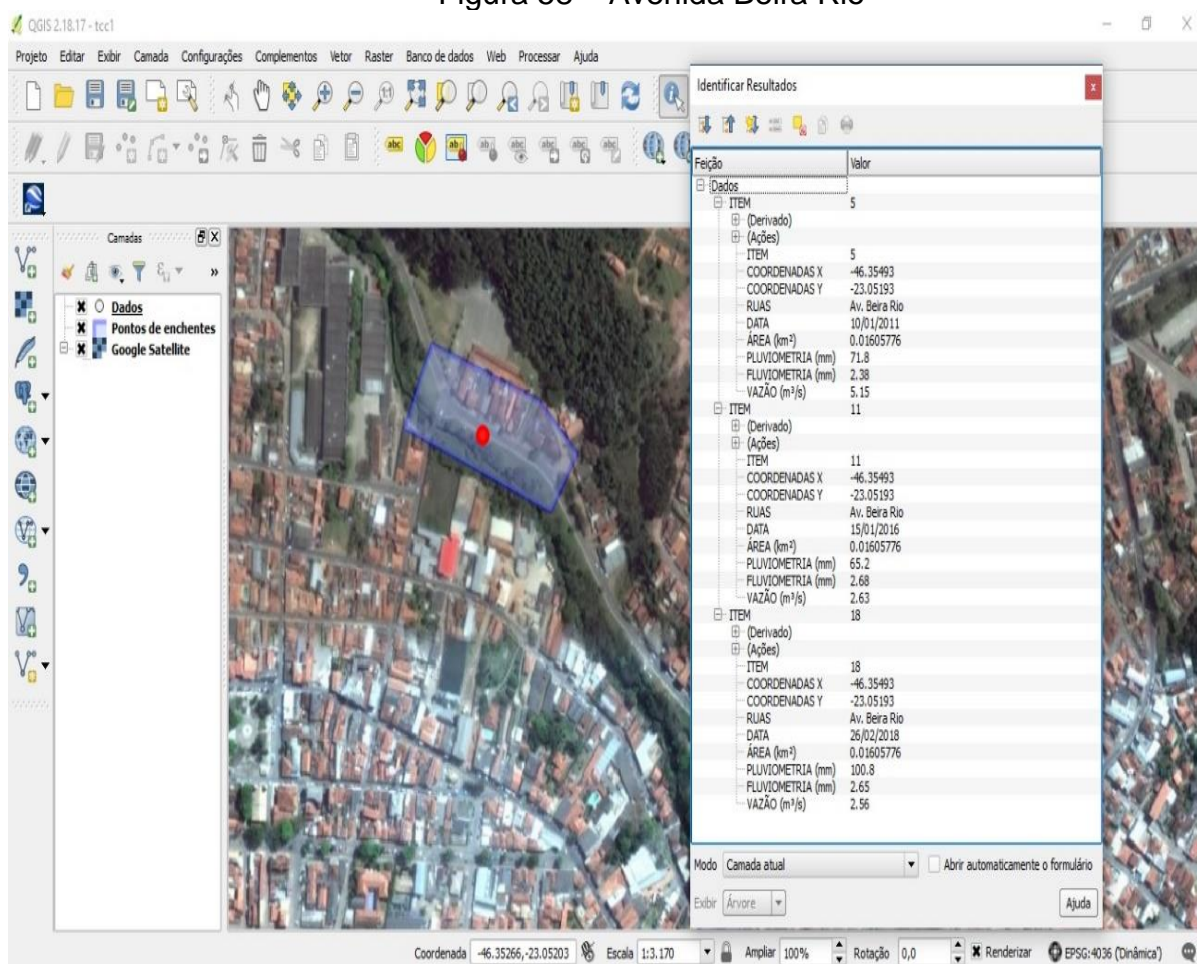
Ao abrir o programa (QGIS), carregar o arquivo com as áreas afetadas já localizadas através das informações obtidas, após, ir até a barra de ferramentas e

selecionar a opção *Adicionar uma camada de Texto Delimitado*, em seguida, selecionar a planilha com os dados e as coordenadas de cada ponto.

Criado tais informações de cada ponto, onde ao selecionar o ponto afetado, o programa traz uma aba ao lado, com todos os dados coletados e informações sobre aquele ponto de enchente, conforme imagens a seguir.

Inserção das informações obtidas na Av. Beira Rio após enchente devido ao transbordamento do córrego.

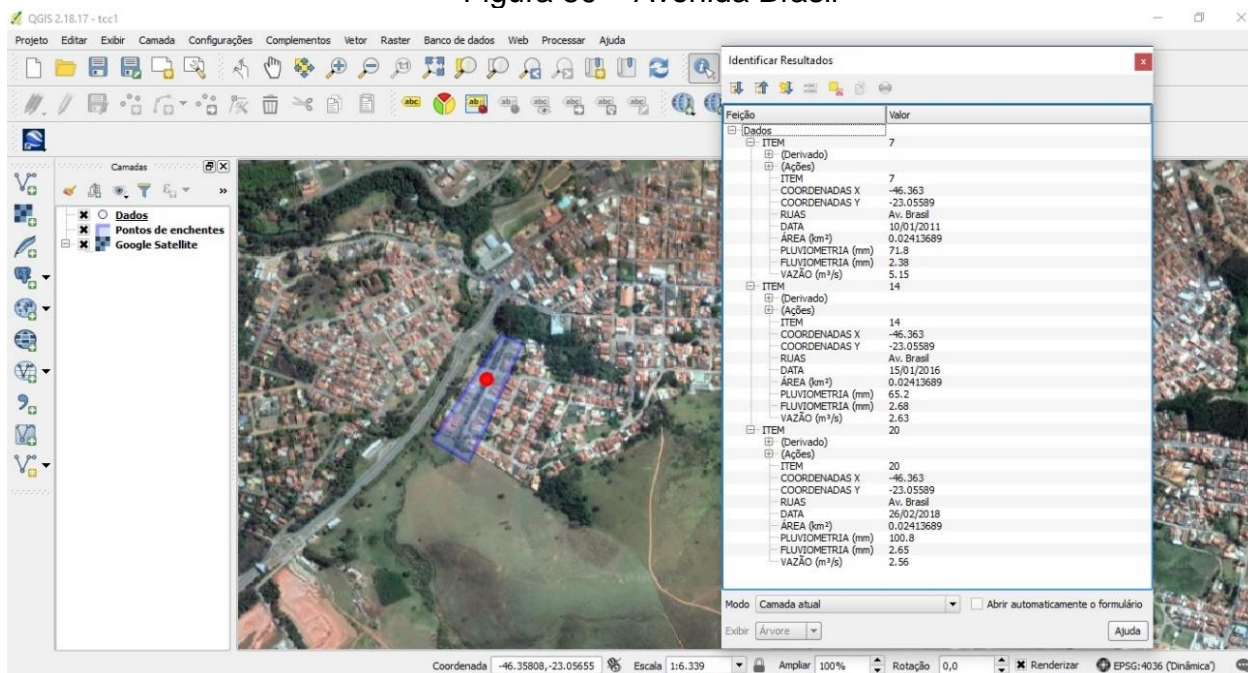
Figura 58 – Avenida Beira Rio



Fonte: Elaborado pelo autor

Inserção das informações obtidas na Av. Brasil após enchente por transbordamento do córrego.

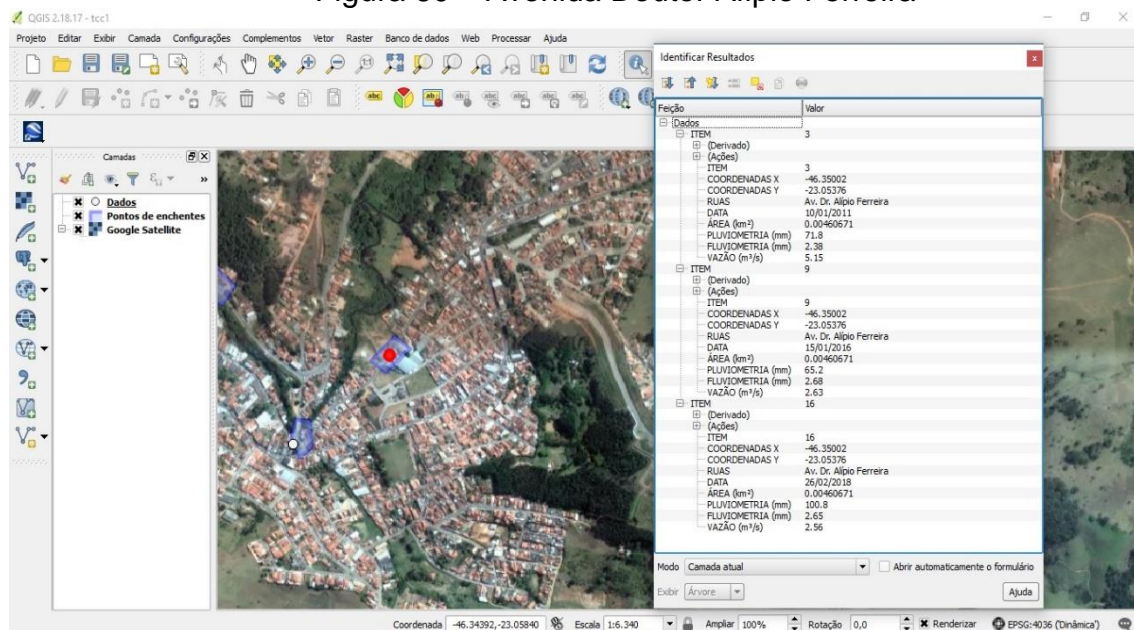
Figura 59 – Avenida Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor.

Inserção das informações obtidas na Av. Doutor Alípio Ferreira após alagamento por estar localizada em área de várzea.

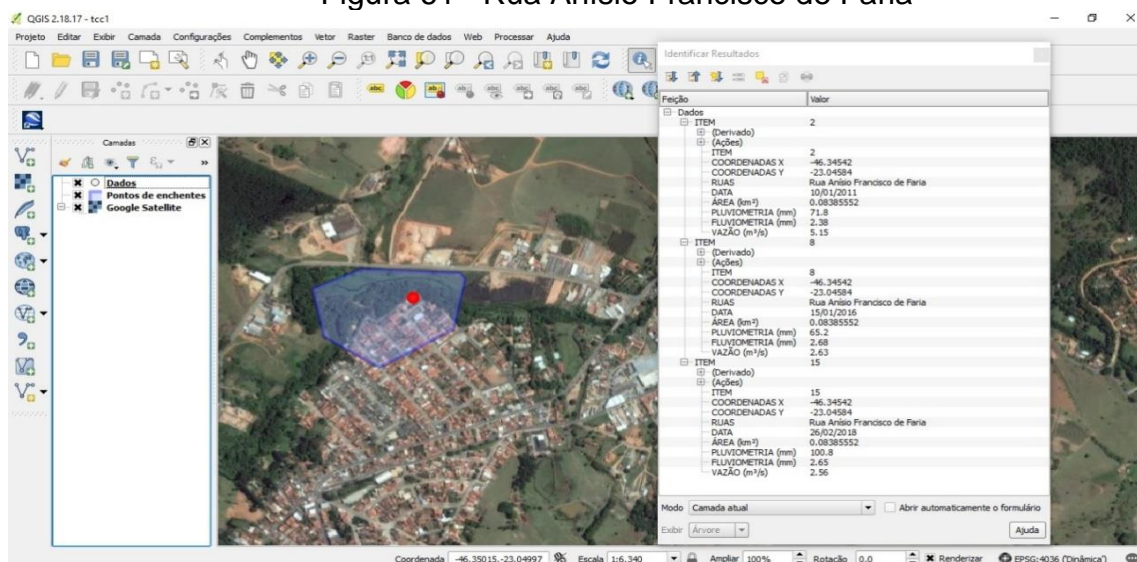
Figura 60 – Avenida Doutor Alípio Ferreira



Fonte: Elaborado pelo autor

Inserção das informações obtidas na Rua Anísio Francisco de Faria após alagamento por estar localizada em área de várzea.

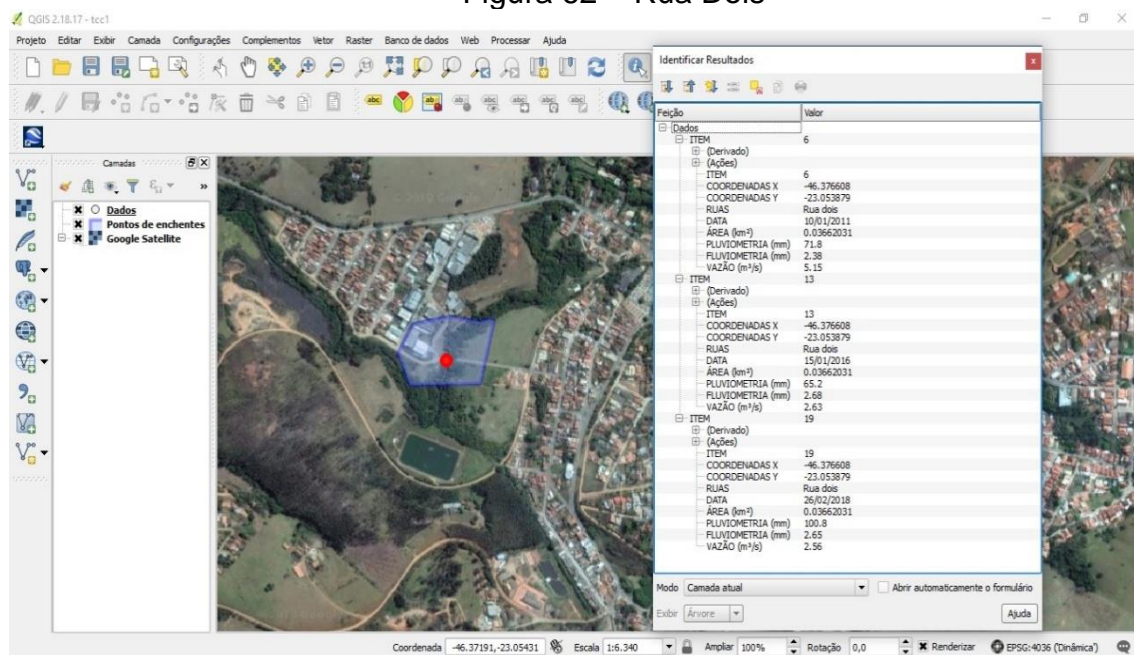
Figura 61– Rua Anísio Francisco de Faria



Fonte: Elaborado pelo autor

Inserção das informações obtidas na Rua Dois após alagamento por estar localizada em área de várzea.

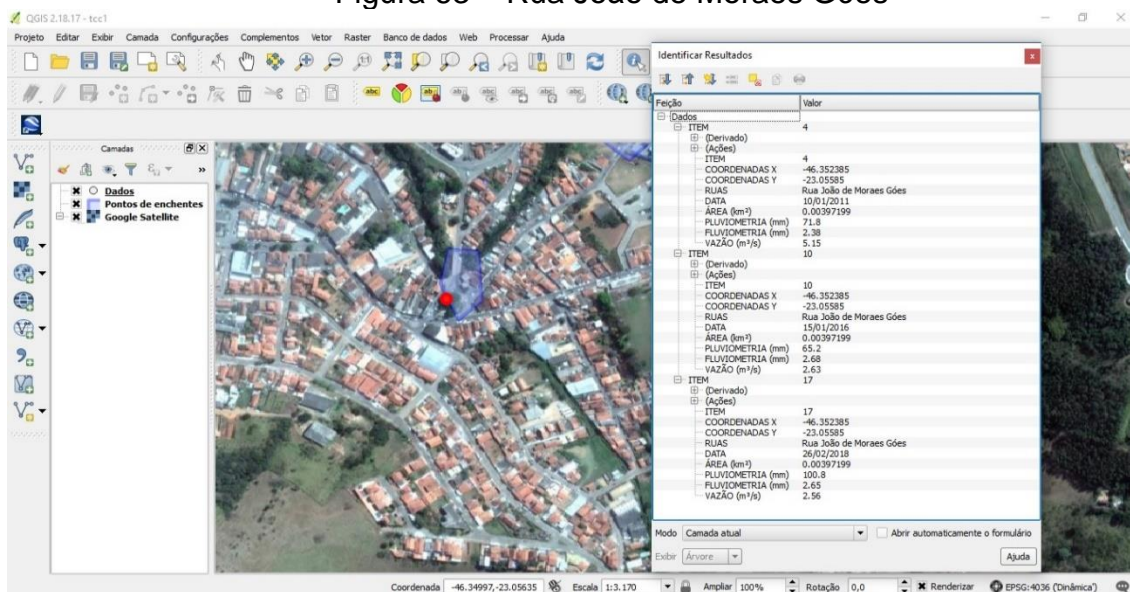
Figura 62 – Rua Dois



Fonte: Elaborado pelo autor

Inserção das informações obtidas na Rua João de Moraes Góes após alagamento por falta da permeabilidade do solo.

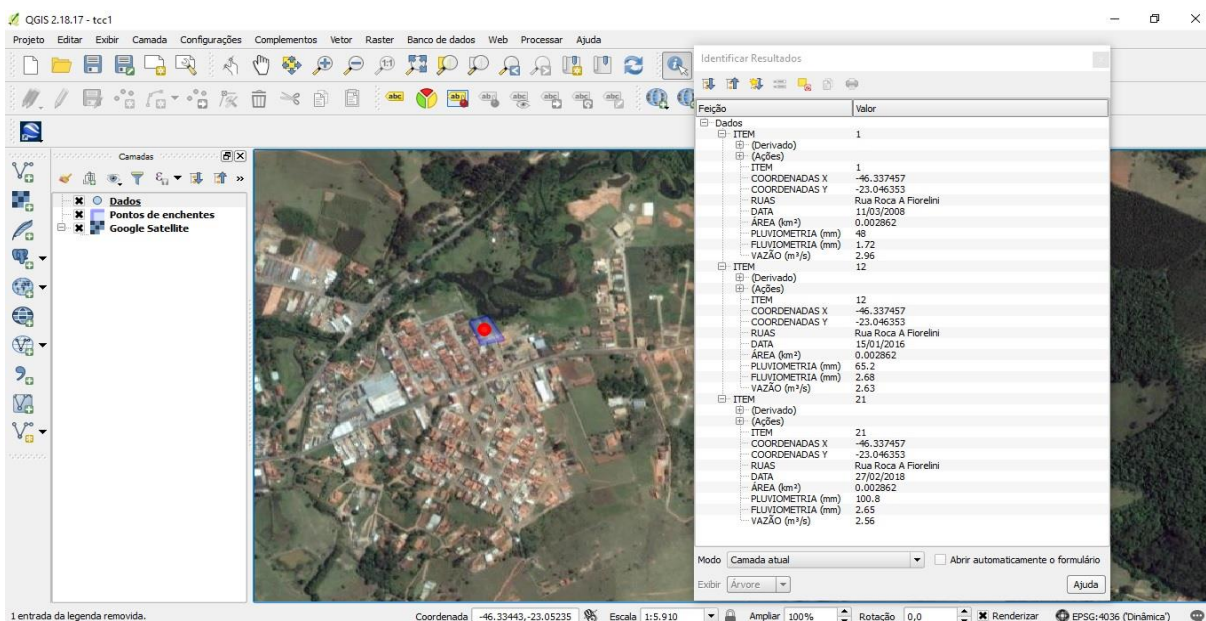
Figura 63 – Rua João de Moraes Góes



Fonte: Elaborado pelo autor

Inserção das informações obtidas na Rua Roca A. Fiorelini após alagamento por falta da permeabilidade do solo.

Figura 64 – Rua Roca A. Fiorelini



Fonte: Elaborado pelo autor.

4. SOLUÇÕES

Através dos dados coletados da estação de monitoramento e inseridos na ferramenta de geoprocessamento QGIS é possível aplicar medidas estruturais e não estruturais no município.

A utilização da ferramenta é útil na busca para soluções apropriadas para cada ponto de enchentes sendo elas medidas que consiste em técnicas como:

Na Avenida Beira Rio e na Avenida Brasil, as enchentes ocorrem devido ao transbordamento do córrego, a solução seria a canalização do trecho.

Na Avenida Dr. Alipio Ferreira e Rua Anisio Francisco de Faria, as enchentes acontecem devido as áreas de várzea. A solução seria um plano diretor para o correto zoneamento de área e conscientização da população.

Na Rua Joao de Moraes Goes e Rua Roca A. Fiorelini, as enchentes ocorrem devido ao solo impermeável, a solução seria a implantação de concreto permeável nas praças e calçadas dos bairros.

Para que as medidas sejam aplicadas e realizadas com eficiência, elas têm que trabalhar em conjunto, uma completando a outra

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que os alagamentos não são problemas particulares do município, estão presentes em diversas regiões do mundo e por sua vez, são ocasionados pela falta ou falha de planejamento/projeto, conscientização da população quanto a impermeabilização de grandes áreas com o crescimento de novos bairros, ocupação de várzea e poluição.

Deu-se início ao estudo de drenagem urbana da bacia Rio Cachoeira, para levantar elementos que pudessem subsidiar a análise do município da gestão de drenagem. A gestão da drenagem urbana na bacia hidrográfica do Rio Cachoeira é realizada, por meio das secretarias de obras de Piracaia. Estas são vinculadas diretamente ao poder municipal e apresentam, geralmente, uma estrutura técnica, administrativa e institucional frágil, sem recursos sistemáticos capazes de financiá-la e gerenciá-la adequadamente. Esta falta de recursos causa uma supressão nos projetos de drenagem, já que estes não são considerados prioridade direta dentro do saneamento.

Assim a suficiência da drenagem urbana está relacionada a sistemas implantados a partir de projetos e estudos hidrológicos adequados inseridos num planejamento urbano adequado.

A educação ambiental configura-se num instrumento importante para demonstrar a articulação entre os processos de uso e ocupação do solo e a urbanização com os problemas de enchentes apresentados, em que a população pode se sentir corresponsável pelos problemas advindos da falta de observância das suas decisões.

Conforme os dados coletados do município de Piracaia, nota-se que em diversos pontos distintos da cidade sofrem com os alagamentos. A topografia já proporciona grande vazão de água para as regiões mais baixas, que ainda é cercado por rios e córregos, além de possuir a represa Rio Cachoeira que pertence ao sistema Cantareira que tem a necessidade de abastecer os municípios à jusantes, possuindo assim grande vazão no curso d'água, que proporcionam uma situação de alerta para as futuras urbanizações.

O centro da cidade é afetado pela falta de área permeável, já nas zonas rurais com áreas mais planas, o solo é saturado mais rapidamente e sem sentido de

escoamento, causando assim o acúmulo de água nos locais. Os rios e córregos também são vítimas da falta de planejamento urbano.

As soluções apresentadas são as medidas estruturais ou não estruturais, bem como a criação de um Plano Diretor, para haja certo controle pelos órgãos responsáveis pelo município.

Uma das ferramentas citadas neste estudo é o geoprocessamento, onde possui uma grande tecnologia para estudos avançados para prevenção e solução, trazendo benefícios à toda sociedade. Onde é possível localizar e propor soluções nas áreas afetadas, juntamente com o estudo da quantidade de chuva fornecidas virtualmente pelo órgão responsável. O programa QGIS, que foi utilizado, é gratuito e através de sua tecnologia é importante para o desenvolvimento pois auxilia tanto a tomada de decisões quanto a identificação de situações de difícil percepção.

Desta forma o intuito deste trabalho foi mostrar a importância de um estudo prévio do local, o sistema nos apresenta todas as informações de cada rua e podemos analisar todas as datas de chuvas, quantidades de precipitação e volume, para que essa análise nos permita realizar as medidas necessárias conforme apresentado no estudo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] PARDO CANHOLI, Aluísio. **Drenagem urbana e controle de enchentes** . 2. ed. [S.l.]: Oficina de Textos, 2015. 384 p. v.

[2] FONSECA DE CARVALHO, Daniel; DUARTE BATISTA DA SILVA, Leonardo. **Hidrologia** . 2006. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf>>.

Acesso em: 03 set. 2018 as 22:10h

[3] JUNIOR, Ribamar. **Ciclo Hidrológico** . 2. 2015. Disponível em: <<https://www.mindmeister.com/pt/578503095/ciclo-hidrol-gico>>.

Acesso em: 03 set. 2018. as 22:30h

[4] ROSA DOS SANTOS, Alexandre. **Apostila de Climatologia** . Espírito Santo: [s.n.], 2002. 244 p. Disponível em: <<http://www.mundogeomatica.com.br/Cl.htm> >. Acesso em: 20 set. 2018 as 22:00h

[5] AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. José Machado - Diretor Presidente. **GEO Brasil - Recursos Hídricos** : Componente da série de relatórios sobre o Estado e perspectivas do Meio Ambiente no Brasil. Brasília: PNUMA, 2007. 60 p. Disponível em:

<<http://arquivos.ana.gov.br/wfa/sa/GEO%20Brasil%20Recursos%20H%C3%ADricos%20-%20Resumo%20Executivo.pdf>>.

Acesso em: 21 set. 2018 as 20:30h.

[6] SOARES DE JESUS, Fernando. **As principais bacias hidrográficas do Brasil** . 2014. Disponível em: <<https://www.geografiaopinativa.com.br/2014/03/as-principais-bacias-hidrograficas-do.html>>.

Acesso em: 21 set. 2018 as 21:05h

[7] BALDASSIN, Paula. **Rio Amazonas** . 2016. Disponível em: <<http://www.iguiecologia.com/rios-da-amazonia/rio-amazonas-2/>>. Acesso em: 16 out. 2018 as 19:30h

[8] RODRIGUES, David. **Comitês de bacias** . 2017. Disponível em: <<http://preservamaranhao.com.br/sema-realiza-esforcos-para-a-criacao-do-comite-de-bacia-do-rio-preguicas/>>. Acesso em: 16 out. 2018 as 19:50h

[9] Redação Pensamento Verde. **Característica da bacia hidrográfica do rio São Francisco**. São Paulo: Pensamento Verde, 2013. Disponível em: <<https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/caracteristicas-da-bacia-hidrografica-do-rio-sao-francisco/>>. Acesso em: 15 out. 2018 as 20:15

- [10] MUNICÍPIO DE PANORAMA. (Brasil). **Rio Paraná** . 2017. Disponível em: <<http://www.correiodopovo.com.br/Noticias/Geral/2017/1/607880/Jovem-desaparece-no-rio-Uruguai-apos-tentar-salvar-irma->>. Acesso em: 15 out. 2018 as 20:35h
- [11] GOVERNO DO BRASIL. (Brasil). **Recursos hídricos** . 12. 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2015/12/governo-aprofunda-estudos-na-bacia-do-rio-paraguai>>. Acesso em: 15 out. 2018 as 20:45h
- [12] VERDÉLIO, Andreia. **ANA reduz vazão no Paraíba do Sul para garantir água ao Rio de Janeiro** . 2016. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-09/ana-reduz-vazao-no-paraiba-do-sul-para-garantir-agua-ao-rio-de-janeiro>>. Acesso em: 15 out. 2018 as 21:15h
- [13] PLOVESAN, Agostinho. **Jovem desaparece no rio Uruguai após tentar salvar irmã** . 2017. Disponível em: <<http://www.correiodopovo.com.br/Noticias/Geral/2017/1/607880/Jovem-desaparece-no-rio-Uruguai-apos-tentar-salvar-irma->>. Acesso em: 15 out. 2018 as 21:30h
- [14] FONSECA DE CARVALHO, Daniel. Escoamento Superficial: Introdução. In: FONSECA DE CARVALHO, Daniel. **MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA** . Rio de Janeiro: [s.n.], 2013. cap. 4, p. 1-19. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/daniel/ia1311-Manejo.htm>>. Acesso em: 21 set. 2018 as 21:45h
- [15] FONSECA DE CARVALHO, Daniel; DUARTE BATISTA DA SILVA, Leonardo. Escoamento Superficial: Introdução. In: FONSECA DE CARVALHO, Daniel; DUARTE BATISTA DA SILVA, Leonardo. **Hidrologia** . Rio de Janeiro: [s.n.], 2006. cap. 7, p. 95-115. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/it113-hidrologia.htm>>. Acesso em: 21 set. 2018 as 22:03hs.
- [16] CALAZANS REIS MIRANDA, Antônio. **MÉTODOS DE SEPARAÇÃO DOS ESCOAMENTOS SUPERFICIAL DIRETO E SUBTERRÂNEO** : Estudo de caso para a bacia do rio das velhas. 2012. 83 f. Dissertação (Pós-Graduação em engenharia agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2012. Disponível em: <<http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/engenharia%20agricola/2012/242993f.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2018 as 19:00hs.
- [17] E. M. TUCCI, Carlos. **Drenagem Urbana** : Gerenciamento simulação controle. 4. ed. São Paulo: Ciência e Cultura, 2003. v. 55. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400020anejo.htm>. Acesso em: 21 set. 2018 as 22:40hs.

[18] VAZ, Valéria Borges. **Drenagem Urbana**: [s.n.], 2004. Disponível em: <<http://www.comitepardo.com.br/boletins/2004/boletim05-04.html>>. Acesso em: 21 set. 2018 as 23:15hs.

[19] **Saneamento básico** . MINISTÉRIO DA JUSTIÇA - MJ; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA; MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE; MINISTÉRIO DA FAZENDA - MF; MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES - MT; MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES - MC; MINISTÉRIO DA SAÚDE - MS. Brasília, p. 1-3, jan. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 18 out. 2018 as 19:54h.

[20] G. KNAPIK, Heloise. **Saneamento urbano I - TH052**: Aula 08 - Drenagem Urbana: Parte 1. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/TH052/Aula%2008_Drenagem%20Urbana_parte%201.pdf>. Acesso em: 25 set. 2018 as 16:30hs.

[21] PEPITONE, Carolina. **Drenagem Urbana** : Os elementos que compõem o sistema de drenagem urbana. 2016. Disponível em: <<http://arq.ap1.com.br/drenagem-urbana-parte-2/>>. Acesso em: 25 Setembro. 2018 as 15:08hs.

[22] GUERRA, Pedro. (Brasil). **Novos trechos das ruas no Vitória Ville recebem guias e sarjetas** . 2016. Disponível em: <<http://agencia.sorocaba.sp.gov.br/novos-trechos-das-ruas-no-vitoria-ville-recebem-guias-e-sarjetas/>>. Acesso em: 16 out. 2018 as 21:15h

[23] BRASIL GIMENEZ, Alírio. **Rede de drenagem pluvial eficiente pode evitar enchentes** . Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/rede-de-drenagem-pluvial-eficiente-pode-evitar-enchentes_10832_0_1>. Acesso em: 16 out. 2018 as 21:30h

[24] PREFEITURA DE PETROLINA. (Brasil). **Saneamento da cidade** . 2017. Disponível em: <<http://www.petrolina.tv.br/new/pt-br/node/430>>. Acesso em: 17 out. 2018 as 20:17h

[25] PREFEITURA DE VILA VELHA. (Brasil). **Ampliação do sistema de esgoto será inaugurada nesta quarta** . 2012. Disponível em: <<http://www.vilavelha.es.gov.br/noticias/ampliacao-do-sistema-de-esgoto-sera-inaugurada-nesta-quarta-2141>>. Acesso em: 19 set. 2018 as 19:30h

[26] LEAL, Ubiratan. **Saneamento** . 6. 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/6/1-sarjetoes-de-concreto-armado-227269-1.aspx>>. Acesso em: 18 out. 2018 as 19:30h.

[27] DUARTE, Mauro Alonso et al. **INSTRUÇÕES TÉCNICAS PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS E DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA** . 1. 2010. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/DLFE15301.doc/InstrucoesTecnicasProjetosdeDrenagem1.versao.doc>>. Acesso em: 18 out. 2018 as 22:30h.

[28] PISCINÃO, **Anhanguera é inaugurado na região de Pirituba**. São Paulo: [s.n.], 2009. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/pirituba_jaragua/noticias/?p=5571>. Acesso em: 21 set. 2018 as 23:40hs.

[29] BIANCHIN, Victor. **Como funciona os piscinões para escoar água em grandes cidades?**. [S.l.]: Grupo Abril, 2010. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-funcionam-os-piscinoes-para-escoar-agua-em-grandes-cidades/>>. Acesso em: 21 de Setembro de 2018 as 00:15hs.

[30] LEITE, Helena. **Enchentes: principais causas e consequências** . 2018. Disponível em: <<https://falauniversidades.com.br/enchentes-principais-causas-e-consequencias/>>. Acesso em: 21 out. 2018 as 16:15h

[31] PRESSE, **Da France**. Número de mortos por enchentes na Europa chega a 19. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mundo/noticia/2013/06/numero-de-mortos-por-enchentes-na-alemanha-chega-19.html>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

[32] BARBOSA, **Vanessa**. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/mundo/as-piores-enchentes-do-mundo-nos-ultimos-10-anos/>>. Acesso em: 18 de Junho de 2018 ás 16:00hs.

[33] MATTOS, **Gabriela**. Tempestade causa mortes, enchente e deslizamentos no Rio. Disponível em: <https://odia.ig.com.br/_conteudo/2018/02/rio-de-janeiro/5514089-tempestade-causa-mortes-enchentes-e-deslizamentos-no-rio.html#foto=1>. Acesso em: 10 set. 2018.

[34] BALZA, Guilherme. **Chuva em Santa Catarina mata mais de 120 pessoas, tragédias naturais castigam vários pontos do mundo**. Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/especiais/retrospectiva-2008/ultnot/2008/12/16/ult7037u9.jhtm>>. Acesso em: 24 set. 2018.

[35] POMPEO AUGUSTO, Cesar; **DRENAGEM URBANA SUSTENTAVEL. JANEIRO/2000.** Disponível em: <http://www.reasul.org.br/files/Drenagem_Urbana_Sustent%C3%A1vel_.pdf> Acesso em: 21 Outubro de 2018 – as 21:00h

[36] ANA. **CAPACITAÇÃO PARA GESTÃO DAS ÁGUAS** – Apostila, Medindo as Águas do Brasil – Noções de Pluviometria e Fluviometria. Disponível em: <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/122/1/_Apostila_Medindo_as_%C3%81guas_-_ANA.pdf>. Acesso em: 26 de setembro de 2018 às 19:35hs.

[37] BARBOSA, **Francisco de Assis dos Reis. Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do rio Mamanguape/PB. 2006. 115 f. Dissertação (Mestrado em Urbanismo)** disponível em: Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. Acesso em: 13 mai. 2017 às 16:00hs.

[38] OLIANI, Luiz; PAIVA, Caio; ANTUNES Alzir. **UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES LIVRES DE GEOPROCESSAMENTO PARA GESTÃO URBANA EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE.** 2012. Disponível em: <https://www3.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/Todos_Artigos/058_1.pdf> - Acesso em: 21 outubro de 2018 as 16:00h

[39] ITO, Marcia; FILHO, Homero F.; CONTI, Luis A. - **USO DO SOFTWARE LIVRE QGIS PARA ENSINO DE GEOPROCESSAMENTO EM NIVEL SUPERIOR – JUNHO 2017.** Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Homero_Fonseca_Filho/publication/323966811_Uso_do_software_livre_QGIS_Quantun_Gis_para_ensino_de_Geoprocessamento_em_nivel_superior/links/5ab523c10f7e9b68ef4beae1/Usodo-software-livre-QGIS-Quantun-Gis-para-ensino-de-Geoprocessamento-em-nivel-superior.pdf>. Acesso em: 21 outubro de 2018 as 18:00h

[40] GOLVEIA, Sidney S; HIRATA, Eliane, **Apostila Curso Básico QGIS COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO ÁGUAS DE JOINVILLE – JUN 2017**

[41] Sobre o QGIS. Disponível em <https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/cursos_online/qgis/como_contribuir.html>. Acesso em: 11 de abril de 2018 às 11:40hs.

[42] SUTTON, Tim. **Palavras do editor.** Disponível em: <https://docs.qgis.org/2.18/pt_BR/docs/gentle_gis_introduction/preamble.html>. Acesso em: 12 de ABRIL de 2018 às 22:00hs.

[43] FÉLIX, Sandra R. **Piracaia: Sossego nas Montanhas**. – 1 ed.: Noovha América, 2006. São Paulo p.1-128.

[44] WHATELY, Marussia; CUNHA, Pilar. **Cantareira 2006 – Um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2007.

[45] Câmara Municipal Piracaia. **História**. Disponível em: <<http://www.camarapiracaia.sp.gov.br/>> Acesso em: 16 Março 2018 às 8:40hs.

[46] **Chuva forte causa transtornos e água invade casas em Piracaia**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/chuva-forte-causa-transtornos-e-agua-invade-casas-em-piracaia.ghtml>> .Acesso em: 05 de maio de 2018 as 13:00hs.

[47] ANA. **CAPACITAÇÃO PARA GESTÃO DAS ÁGUAS** – Apostila, Medindo as Águas do Brasil – Noções de Pluviometria e Fluviometria. Disponível em: <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/122/1/_Apostila_Medindo_a_s_%C3%81guas_-_ANA.pdf>. Acesso em: 26 de Setembro de 2018 às 19:35hs.

[48] ANA. **REDE TELEMETRICA PIRACICABA** – Rio cachoeira captação Piracaia. Disponível em: <<https://www.saisp.br/geral/Processo.whtml?BACKCOLOR=1&OVLCODE=ESP&PRODUTO=56&USERID=PuB&&WHICHCHANNEL=53&WHICHCODE=100>>. Acesso em: 28 de Setembro de 2018 às 20:15 hs.