



**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**HELEN NADIANY LIMA DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM EM TRECHO DA  
AVENIDA HERÁCLITO GRAÇA, FORTALEZA-CE.**

**FORTALEZA**

**2020**

**HELEN NADIANY LIMA DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM EM  
TRECHO DA AVENIDA HERÁCLITO GRAÇA, FORTALEZA-  
CE.**

Trabalho de Conclusão de  
Curso apresentado como requisito  
parcial à obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil da  
Faculdade Ari de Sá.

Orientador: Prof. Me.  
Anderson Ruan Gomes de  
Almeida.

Coorientadora: Prof. Dr.  
Julianne Ribeiro dos Santos.

**FORTALEZA**

**2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Faculdade Ari de Sá  
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S237a Santos, Helen .

Avaliação do sistema de drenagem em trecho da Avenida Heráclito Graça, Fortaleza-CE. / Helen Santos. – 2020.

51 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade Ari de Sá, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Me. Anderson Ruan Gomes de Almeida.

Coorientação: Profa. Dra. Julianne Ribeiro dos Santos.

1. Drenagem. 2. Enchente. 3. Geoprocessamento. 4. Urbanização. I. Título.

CDD 620

---

HELEN NADIANY LIMA DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM EM TRECHO DA  
AVENIDA HERÁCLITO GRAÇA, FORTALEZA-CE.**

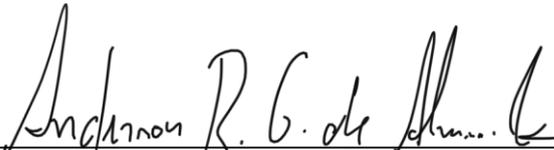
Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil da Faculdade Ari de Sá.

Orientador: Prof. Me. Anderson  
Ruan Gomes de Almeida.

Coorientadora: Prof. Dr. Julianne  
Ribeiros dos Santos

Aprovada em: 09/12/20

BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Me. Anderson Ruan Gomes de Almeida  
Faculdade Ari de Sá

  
Prof. Dr. Julianne Ribeiro dos Santos  
Faculdade Ari de Sá

  
Prof. Me. Ilania Maria Nascimento Mascarenhas  
Faculdade Ari de Sá

Dedico este trabalho a todos que  
contribuíram direta e indiretamente em  
minha formação acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela presença irrefutável em minha vida e por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

À minha Mãe pelo exemplo de determinação na vida e fé inabalável.

Ao meu Pai por todo esforço investido na minha educação.

Aos professores orientadores, Anderson Ruan e Julianne Ribeiro, que contribuíram com todo o auxílio necessário para a elaboração desse trabalho.

Aos meus colegas acadêmicos, especialmente Bruno Apoliano e Rafael Uchoa pelas trocas de ideais e ajuda mútua.

Ao meu amigo Victor Hugo, por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuiu para a realização deste trabalho.

Identificar um problema e tomar uma  
ação, sem ao menos conhecer o  
processo, é o mesmo que dirigir com os  
olhos vendados.  
(Vanderson Luiz Rocha)

## RESUMO

Verifica-se que as enchentes urbanas são um problema crônico nas grandes cidades brasileiras, decorrentes do uso e da ocupação desordenada do solo, associadas à ineficiência dos sistemas de drenagem urbana e de coleta de lixo. O desenvolvimento e o processo de urbanização transformaram as cidades em grandes áreas de solo impermeabilizado, modificando o ciclo hidrológico da água, favorecendo o escoamento superficial e a ocorrência de alagamentos. Este trabalho visa avaliar o sistema de drenagem da Avenida Heráclito Graça delimitada entre as Ruas João Cordeiro e Ildelfonso Albano, localizada na cidade de Fortaleza, no âmbito em enchentes e alagamentos. Na metodologia foi utilizado o geoprocessamento, que consiste em um dos principais instrumentos para a análise do espaço geográfico, principalmente após o avanço da utilização dos sistemas de informações geográficas (SIG). Neste contexto, a caracterização do espaço vinculada às ferramentas geotecnológicas, se tornaram de suma importância. Para tanto, neste estudo além de todo contexto teórico, foram utilizadas imagens de satélites e software de Informação Geográfica livre, para vetorização, espacialização, classificação e sobreposição de dados, contendo como produtos finais, mapeamentos temáticos que caracterizam a área de estudo em seu contexto ambiental e urbano. Com isso foi possível apontar adversidades que interferem diretamente no sistema de drenagem da área de estudo, sejam elas, excesso de resíduos, pavimentação impermeável, topografia da área, etc. Posteriormente, foram realizadas proposições de melhorias na drenagem da área de estudo e sugestões de técnicas adequadas para diferentes situações, baseando-se nos estudos levantados sobre o tema. Desse modo, pode-se concluir que Fortaleza possui potencial para absorver diferentes técnicas para melhorias no sistema de drenagem, tais como, reservatórios de armazenamento, sistemas de bueiros inteligentes, coleta seletiva, fiscalização de ligações de esgoto etc. e que a aplicação correta das mesmas, provavelmente conduzirá à uma diminuição do escoamento superficial gerando, como consequência, um alívio no sistema de drenagem convencional, amenizando os alagamentos.

**Palavras-chave:** Drenagem. Enchente. Geoprocessamento. Urbanização.

## ABSTRACT

It appears that urban flooding is a chronic problem in large Brazilian cities, resulting from the use and disorderly occupation of the soil, associated with the inefficiency of urban drainage and garbage collection systems. The development and urbanization process transformed cities into large areas of impermeable soil, changing the hydrological water cycle, favoring runoff and the occurrence of flooding. This work aims to evaluate the drainage system of Avenue Heráclito Graça delimited between João Cordeiro and Ildefonso Albano streets, located in the city of Fortaleza, in the context of flood and floods. The methodology used was geoprocessing, which consists of one of the main instruments for the analysis of geographic space, mainly after the advancement of the use of geographic information systems (GIS). In this context, the characterization of space linked to geotechnological tools, have become extremely important. For this purpose, in this study, in addition to the entire theoretical context, satellite images and free Geographic Information software were used for vectorization, spatialization, classification and data overlay, containing as final products, thematic mappings that characterize the study area in its context environmental and urban. With this, it was possible to point out adversities that directly interfere in the drainage system of the study area, be it, excess waste, waterproofed pavement, topography of the area, etc. Subsequently, proposals were made for improvements in the drainage of the study area and suggestions for appropriate techniques for different situations, based on the studies raised on the subject. In this way, it can be concluded that Fortaleza has the potential to absorb different techniques for improvements in the drainage system, such as storage reservoirs, smart manhole systems, selective collection, inspection of sewage connections, etc. and that their correct application will probably lead to a decrease in surface runoff, generating, as a consequence, a relief in the conventional drainage system, easing the flooding.

**Keywords:** Drainage. Flood. Geoprocessing. Urbanization.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diferença entre termos pluviais: inundações, enchentes e alagamentos.	20
Figura 2 – Sistema de microdrenagem .....	22
Figura 3 - Processo Metodológico .....	25
Figura 4 - Processo metodológico realizado na plataforma Qgis .....	26
Figura 5 - Alagamento no cruzamento da Avenida Heráclito Graça e Rua Antônio Augusto.....	27
Figura 6 - Área de estudo na plataforma Qgis .....	28
Figura 7 - Curvas de níveis da área de estudo representadas na plataforma Qgis	29
Figura 8- Relação topografia e fluxo hídrico .....	31
Figura 9 - Bacias Hidrográficas de Fortaleza .....	32
Figura 10 - Representação da área de estudo localizada na bacia hidrográfica Vertente Marítima.....	33
Figura 11 - Boca de lobo localizada no cruzamento entre a Avenida Heráclito Graça e Rua Antônio Augusto .....	35
Figura 12 - Boca de lobo no cruzamento da Avenida Heráclito Graça e Ildefonso Albano.....	36
Figura 13 - Boca de lobo com grelha.....	36
Figura 14 - Descarte de lixo nas ruas pela janela de veículos .....	38
Figura 15 - Excesso de papelões e resíduos domésticos .....	38
Figura 16 - Obstrução das redes por resíduos sólidos.....	39
Figura 17 - Boca de lobo obstruída por sedimentos.....	40
Figura 18 - Bueiros inteligentes .....	41
Figura 19 - Impermeabilização do solo atrelada ao processo de urbanização da Avenida Heráclito Graça .....	43
Figura 20 - Esquematização de alternativa proposta .....	44
Figura 21 - Etapa de captação da água para os piscinões .....	44

Figura 22 - Etapa de escoamento final.....	45
Figura 23 - Ilustração do funcionamento do reservatório de amortecimento de vazão .....	45
Figura 24 - Local proposto para a construção do reservatório de amortecimento.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Bacia hidrográficas de Fortaleza .....	32
Tabela 2 – Informações da Praça da Bandeira localizada na Avenida Heráclito Graça .....	46

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
GPL	General Public Licens
GPS	Global Positioning System
OMS	Organização Mundial de Saúde
OSGeo	Open Source Geospatial Foundation
PMSB/RH	Plano de Saneamento Básico e Recursos Hídricos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SRTM	Shuttler Radar Topography Mission
UTM	Universal Transversa de Mercator

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	16
1.2 OBJETIVOS .....	16
1.2.1 Objetivo Geral.....	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
1.3 PROCESSO METODOLÓGICO .....	17
1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO .....	17
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
2.1 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO.....	19
2.2 FENÔMENOS NATURAIS.....	20
2.3 REGIMES HIDRÁULICOS E SEUS IMPACTOS.....	21
2.4 QGIS .....	23
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>25</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	25
3.1.1 Área de Estudo.....	26
3.1.2 Elaboração do Mapeamento da Plataforma Qgis.....	28
3.1.3 Caracterização Topográfica da Área de Estudo.....	29
3.1.4 Relação Topografia e Fluxo Hídrico.....	30
3.1.5 Bacia Hidrográfica Vertente Marítima .....	31
3.1.6 Sistema de Drenagem Atual da Área de Estudo.....	33
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>37</b>
4.1 OBSTRUÇÃO DA REDE POR DETRITOS, LIXO E SEDIMENTOS .....	37
4.2 LIGAÇÕES CLANDESTINAS DE REDE DE ESGOTO.....	41
4.3 AÇÃO ANTRÓPICA ASSOCIADA AO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO .....	42
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>47</b>
5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS .....	47
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>48</b>
<b>ANEXO A - Plataforma: Software Qgis</b> .....	<b>51</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A drenagem urbana é o conjunto de medidas que tem como objetivo gerenciar o escoamento da água da chuva e diminuir os riscos e prejuízos causados pelas enchentes e alagamentos os quais a população está sujeita. Dentre os principais impactos da inexistência e/ou ineficácia do sistema de drenagem urbana estão: os prejuízos de perdas materiais, a interrupção das atividades econômicas das áreas inundadas e a contaminação da água por meio de lixo e esgoto.

O crescimento acelerado da população nas cidades tem gerado preocupações mais abrangentes. Pode-se citar como algumas dessas preocupações, o excesso de consumo material com conseqüente geração de resíduos sólidos que serão destinados para um descarte inadequado, quando ocorrido a ausência de infraestrutura de coleta e drenagem urbana.

Segundo dados do Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza (2014), o maior consumo *per capita* de água dentre os bairros da cidade por habitante/dia, é o do bairro Centro, registrando 288,6 litros e o despejo de esgoto de 230,88 litros (esse valor foi gerado a partir da Norma Técnica para Projeto de Sistema de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário/Cagece (2010), a qual estabelece um coeficiente de retorno para projeto de esgotamento sanitário de 0,80). Logo, devido à falta de infraestrutura suficiente para consumos e despejos elevados, há um aumento das ligações clandestinas para o descarte de esgoto.

No Brasil, as empresas de saneamento nos últimos anos têm investido em redes de coleta de esgoto e estações de tratamento, mas parcela do volume gerado pelas cidades que efetivamente é tratado antes de chegar ao destino final, ainda é insuficiente.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde - OMS (1986) a saúde é o maior recurso para o desenvolvimento social, econômico e pessoal, assim como uma importante dimensão da qualidade de vida. Nesse contexto, ressalta-se a importância do sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais, visto que é o conjunto de infraestruturas e instalações para o amortecimento de vazões e quando há falta de planejamento urbano e impermeabilização descontrolada das áreas de escoamento da água da chuva, temos sérios problemas como enchentes e alagamentos.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza (2015), aproximadamente 70% da cidade de Fortaleza possui sistema de drenagem (natural/artificial) e vinte pontos críticos de drenagem mais propícios a alagamentos, entre eles, dois estão localizados na Avenida Heráclito Graça. Por essa razão este trabalho se orienta pela seguinte pergunta: Como evitar o problema de alagamento recorrente na Avenida Heráclito Graça?

Logo, a justificativa para realização deste trabalho vem ao encontro de relatos e experiências, onde a autora deste estudo sofre impactos, tendo em vista ser aluna de uma instituição de ensino privada localizada na região da Avenida Heráclito Graça; assim como esse estudo se soma a trabalhos da área da engenharia que buscam solucionar problemas cotidianos das cidades relacionados a ausência e/ou ineficácia dos sistemas de drenagem urbana.

É de suma importância que se conheça as áreas críticas vulneráveis a fenômenos como enchentes e alagamentos em uma cidade e os danos que esses podem causar. Sabe-se que as inundações são verdadeiras ameaças para a população, sobretudo em zonas de periferia, onde geralmente não há tratamento de esgoto, logo o risco de contaminação é alto, assim como outros fatores afetados pelo acúmulo de água, como a mobilidade urbana, economia e perdas materiais.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho visa investigar os principais pontos problemáticos da Avenida Heráclito Graça entre as ruas João Cordeiro e Ildfonso Albano no tocante aos fenômenos de enchente e alagamento. Propor uma análise crítica e possíveis soluções.

### 1.2.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo central do trabalho propõem-se os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a disposição do relevo e da topografia nas áreas de estudo propostas através do software Qgis;
- Identificar e analisar as consequências do sistema de drenagem urbana a partir dos dados obtidos no tópico descrito anteriormente.
- Propor solução mediante das problemáticas apresentadas.

### 1.3 PROCESSO METODOLÓGICO

O capítulo de metodologia se concentra em esclarecer as técnicas de pesquisa adotadas para obtenção dos resultados. São expostos nessa parte do trabalho os principais fatores que determinaram a escolha dos pontos críticos para a realização do estudo e como foram feitas as análises de dados para assim ser apresentada uma possível solução. A metodologia de desenvolvimento deste trabalho é dividida em quatro etapas:

Etapa 1: Análise da literatura;

Etapa 2: Caracterização e modelagem topográfica da área de estudo através do software Qgis;

Etapa 3: Caracterização dos efeitos do processo de urbanização;

Etapa 4: Proposta de solução.

### 1.4 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O documento está dividido em seis capítulos, apresentados da seguinte maneira:

No primeiro capítulo apresenta-se uma breve introdução e contextualização ao tema abordado com sua justificativa, assim como o objetivo geral e específicos, além da estrutura da pesquisa.

No segundo capítulo é abordada a revisão bibliográfica que tem por objetivo contextualizar através de opiniões de diversos autores. Logo, fornece uma maior sustentação teórica para discutir o tema e o problema de pesquisa.

A metodologia empregada para obtenção dos resultados deste trabalho, é apresentada no terceiro capítulo.

No quarto e quinto capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos pelo estudo.

E, por fim, no capítulo seis consta o referencial bibliográfico utilizado para a elaboração e desenvolvimento do presente trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO

A urbanização e os processos derivados, como a impermeabilização do solo e a artificialização da drenagem natural das águas, são amplamente conhecidos como os causadores de diversos impactos ambientais (BUTTLER, 2004).

As enchentes e inundações são consequências das precipitações e o aumento das vazões de escoamento superficial nos ambientes construídos, devido à falta de capacidade de transporte dos sistemas de drenagem urbana, alagando faixas ocupadas pelas edificações (TUCCI, 2003).

Carvalho *et al.* (2007) afirmam que grande parte das cidades brasileiras apresentam problemas de enchentes e inundações, sendo as regiões metropolitanas as mais vulneráveis, onde as situações de riscos são maiores e mais graves devido ao elevado número de habitantes vivendo de forma irregular. Logo, com o crescimento acelerado da ocupação nas grandes cidades, aumenta a área impermeabilizada, diminuindo assim diretamente a capacidade de infiltração no solo, como evidencia o coeficiente de runoff (razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado), com isso, a ocorrência de fenômenos tais como alagamentos e enchentes tendem a uma maior frequência.

Silva (2011) complementa que por meio da urbanização, a transformação do espaço das grandes cidades no Brasil deflagrou um processo de ocupação desordenada do território e que o mesmo é responsável pelas atuais formas do uso e ocupação do solo.

“A urbanização é algo espontânea, e o planejamento dessas regiões ocorre somente para as pessoas de alto poder aquisitivo, principalmente em condomínios fechados de classe média e alta. Já para a população menos afortunada, a ocupação ocorre normalmente em localidades de risco e de maneira irregular e clandestina” (COSTA, 2012, p. 69).

O processo de urbanização das cidades brasileiras tem provocado impactos significativos na população e no meio ambiente (TUCCI, 2003). Desta maneira, estes impactos têm diminuído a qualidade de vida da população, através do aumento da

frequência e do nível das inundações, redução da qualidade de água e aumento de materiais sólidos no escoamento pluvial.

## 2.2 FENÔMENOS NATURAIS

No Brasil, termos como cheias, enchentes, alagamentos, enxurradas, inundações urbanas, bruscas e graduais são frequentemente usados para se referir às inundações (ANDRADE, 2006). No entanto, os mesmos são utilizados de forma errônea, visto que cada um dos termos significa situações típicas diferentes, como ilustra a figura 1.

Figura 1 – Diferença entre termos pluviais: inundações, enchentes e alagamentos



Fonte: Defesa Civil São Bernardo Do Campo (2011)

Segundo Berns (2018) o termo enchente refere-se ao aumento do nível da água no canal de drenagem em função do aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem que isso gere transbordamento. Já a inundação é o transbordamento das águas de um curso de água, o transbordamento inunda a região quando o sistema de drenagem não é capaz de conter a vazão de chuva e o alagamento é o acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem, cobrindo pequena parte da planície.

Logo, conclui-se que a carência de obras de drenagem e outros serviços de infraestrutura urbana contribuem para o incremento dos problemas mostrados.

De acordo com Castro (1998), os desastres naturais são aqueles causados pelo impacto de um evento natural, e são produzidos por elementos de origem externa

que independem da atividade humana. Somando-se a Kobiyama (2006) o qual declara que não se pode evitar que catástrofes oriundas da natureza aconteçam, pois os seres humanos não tem capacidade para controlá-las. Porém se faz necessário a colaboração com medidas preventivas para que seus efeitos sejam reduzidos.

Logo, Enomoto (2004) enfatiza que o controle de inundações consiste em um conjunto de medidas preventivas, cujo objetivo é minimizar os riscos que as populações estão sujeitas, minimizando os prejuízos causados por inundações e possibilitando o desenvolvimento urbano sustentável de maneira mais harmoniosa e estruturada.

### 2.3 REGIMES HIDRÁULICOS E SEUS IMPACTOS

O acesso a água e ao saneamento reduz, em média, 55% da mortalidade infantil (WRI, 1992). O desenvolvimento adequado da infraestrutura de abastecimento e saneamento é essencial para um adequado desenvolvimento urbano.

Tucci (2003, p. 60) relata que “quando a precipitação é intensa e a quantidade de água que chega simultaneamente ao rio é superior à sua capacidade de drenagem, ou seja, a da sua calha normal, resulta inundação”. Acrescenta ainda que características climatológicas e físicas da bacia hidrográfica tem relação direta com a variação do nível de um rio, citando assim como as principais condições climatológicas, as distribuições temporal e espacial da precipitação.

O sistema de drenagem pode ser dividido em dois níveis: microdrenagem, considerada como o conjunto da rede formada por galerias destinadas a receber e conduzir as águas das chuvas vindas das ruas, construções, praças, etc; e a macrodrenagem, constituída pelas estruturas que recebem a contribuição da microdrenagem, sendo formadas por cursos d'água, galerias tubulares com diâmetro igual ou superior a 1,20 metros, corresponde à drenagem natural existente antes da ocupação dos terrenos, constituída por canais, rios e riachos.

Figura 2 – Sistema de microdrenagem



Fonte: AQUAFLUX (2013)

Bidone e Tucci (1995) defini a subdivisão do sistema de microdrenagem da seguinte forma, como ilustra a figura 2:

- Sarjetas: elemento de drenagem das vias públicas. A calha formada é receptora das águas pluviais sobre as vias públicas;
- Meio-fio: é a borda de um passeio desnivelado em relação à via;
- Boca de lobo: dispositivos para captação de águas pluviais, localizados nas sarjetas;
- Poço de visita: é uma câmara destinada a permitir visitas de técnicos para inspeção e trabalhos de manutenção preventiva ou corretiva nas tubulações;
- Tubos de ligações: são canais destinados a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para a galeria ou para os poços de visita;
- Conduitos: obras destinadas à condução das águas superficiais coletadas.

A falta ou ineficácia desse sistema pode acarretar alguns problemas nas cidades, tais como alagamentos e enchentes. Logo, juntamente com a

impermeabilização do solo devido à urbanização, tendem a aumentar a magnitude desses fenômenos.

Fenômenos estes que contribuem para ocorrências relacionados a problemas de saúde, pois o contato com a água contaminada das enchentes coloca em perigo a saúde da população devido ao risco de contaminação e proliferação de doenças contagiosas, como, por exemplo, a cólera e a leptospirose.

## 2.4 QGIS

Almeida (2011) relata que o software Qgis é um sistema resultante de um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo), software este, gratuito, com interface gráfica criada de forma a contemplar a simplicidade e facilidade no seu uso, de código aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral (GNU). Sua funcionalidade tem aumentado constantemente, por meio de funções inativas e de complementos, que são possíveis de se editar, analisar dados, gerir, visualizar e criar mapas para impressão. Outra vantagem segundo Neto (2010), é a possibilidade de o Qgis importar pontos de GPS por meio de plug-ins.

Câmara (2007), discorre que as limitações de recursos enfrentadas pela maioria dos países em desenvolvimento, torna a utilização de softwares de código aberto uma ótima opção para contornar dependência em programas pagos sem perder a qualidade e confiabilidade dos resultados. Com a boa reputação de softwares livres de Sistemas de Informações Geográficas, seu uso para ensino pode ser uma boa oportunidade devido à economia e qualidade que oferecem.

Alves (2011, p. 27) acrescenta que o software livre “é um programa computacional como qualquer outro programa proprietário”, possui a mesma finalidade para atender determinados objetivos como por exemplo, editores de texto e imagens, as planilhas de cálculos etc.

Os softwares proprietários são programas de computador de código-fonte fechado, que possuem registro por uma única empresa, a qual cobra o direito de propriedade intelectual, denominado como *copyright* (GUESSER, 2005).

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi desenvolvido por agentes governamentais devido a iminente necessidade de solucionar as complexidades das questões ambientais e criar um inventário de recursos naturais (CAMARA,2001). Fitz (2008), sobre o desenvolvimento do sistema, informa que além do incremento do

hardware e software, é necessário o emprego de uma base de dados georreferenciais. Estes dados são os que estão associadas a um sistema de coordenadas, que em geral são caracterizados pelas suas coordenadas de latitude e longitude.

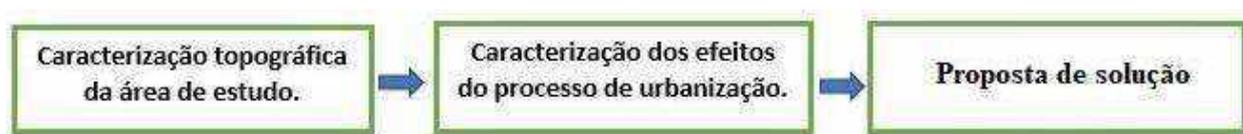
Alves (2011, p. 14) expõe “que o geoprocessamento é um todo, um conjunto, enquanto Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um elemento deste conjunto”. São termos distintos, porém interligados, pois é o SIG que realiza as atividades do Geoprocessamento.

Entre os softwares de geoprocessamento mais utilizado por diversos profissionais e estudantes, o QGIS tem lugar de destaque. Atualmente, as áreas das Engenharias, Arquitetura, Agronomia, Agropecuária e outras, têm utilizado as ferramentas do QGIS para realizar estudos, projetos e serviços. Entre os motivos para crescente utilização desse software de geoprocessamento, encontra-se o fato do QGIS ser um programa totalmente *open source*, ou seja, um código projetado para ser acessado abertamente pelo público. Além disso, o QGIS faz parte do Sistema de Informação Geográfica (SIG), o que possibilita a análise, manipulação e geração de dados georreferenciados.

### 3 METODOLOGIA

Este estudo assume a abordagem quantitativa, logo, os procedimentos metodológicos estão organizados em função do seu objetivo inicial, qual seja, analisar os pontos críticos da Avenida Heráclito Graça entre as ruas João Cordeiro e Ildefonso Albano, situada na cidade de Fortaleza, passíveis aos fenômenos de enchentes e alagamentos, bem como uma análise através do software Qgis. A figura 3 apresenta o procedimento metodológico adotado na presente investigação.

Figura 3 - Processo Metodológico



Fonte: Elaborada pela autora

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A figura 4 ilustra o processo metodológico realizado na plataforma Qgis.

Figura 4 - Processo metodológico realizado na plataforma Qgis

## 3.1.1 Área de Estudo



Fonte: Elaborada pela autora

Historicamente o desenvolvimento da maioria das cidades brasileiras se deu ao longo dos rios, diante da necessidade de utilização das águas como meio de transporte, consumo humano, disposição de dejetos e para fins de agricultura.

Essas ocupações ocasionaram diversos problemas que atingem diretamente a sociedade, dentre eles as enchentes e inundações urbanas. Uma das

razões é que a expansão dos centros urbanos nem sempre é acompanhada do desenvolvimento de infraestrutura adequada, de forma a prejudicar os sistemas de drenagem locais.

Silva *et al* (2005) afirmam que o cruzamento entre a Avenida Heráclito Graça e a Rua Antônio Augusto é o principal ponto de alagamento situado na avenida, sendo assim, o ponto de maior vazão excedente, como mostra a figura 5 e 6.

Figura 5 - Alagamento no cruzamento da Avenida Heráclito Graça e Rua Antônio Augusto



Fonte: Diário do Nordeste (2019).

Nos últimos anos, esse problema se intensificou com o expressivo aumento da população nas cidades, tornando áreas antes ocupadas pela vegetação nativa em ambiente construído, sem o devido planejamento territorial e políticas públicas de uso e ocupação do solo. Essa realidade, para Righetto (2009), produz sérios problemas na drenagem urbana, devido a eventos hidrológicos de alta intensidade, que afetam diretamente áreas próximas dos cursos d'água.

Sabendo-se que os alagamentos são ocasionados por acúmulos de água formados pelos escoamentos superficiais das chuvas intensas que, em ambientes mal planejados, impermeabilizados e com falta de infraestrutura de drenagem adequada



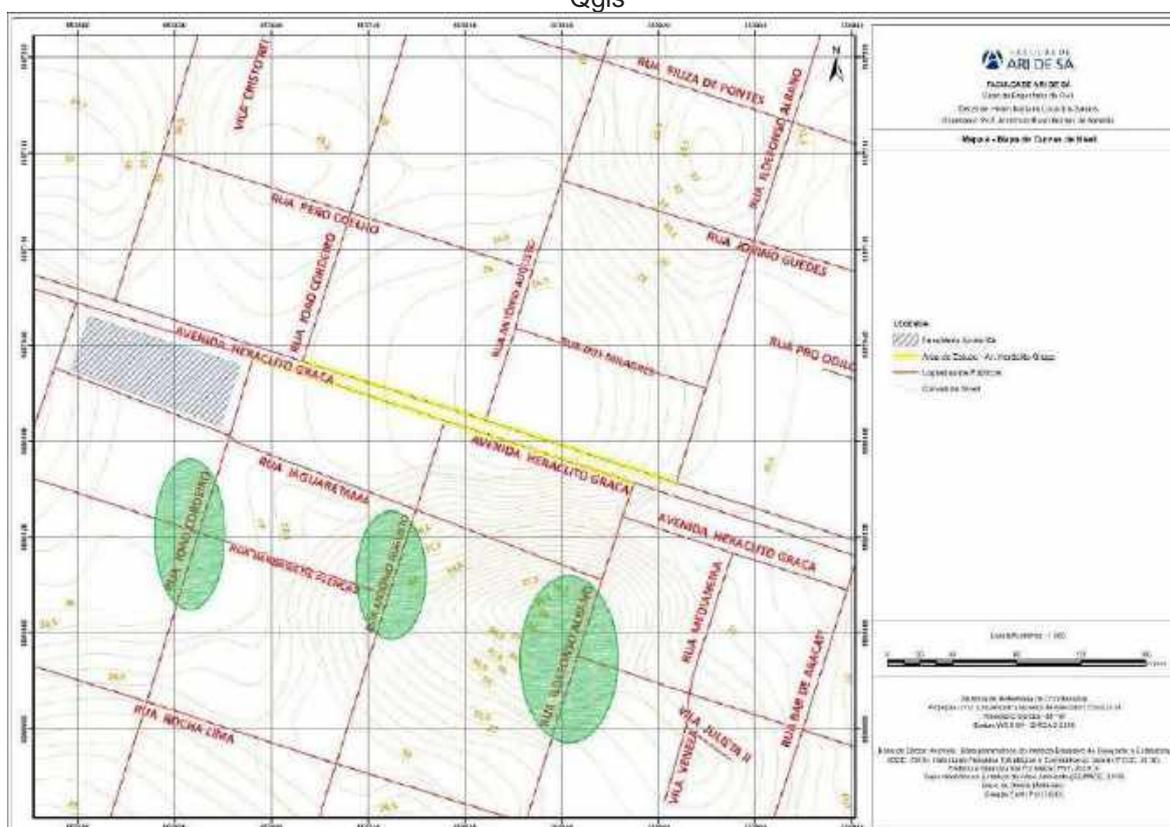
### 3.1.3 Caracterização Topográfica da Área de Estudo

O termo geoprocessamento refere-se então a informações temáticas referenciadas às posições na superfície terrestre, através da determinação de um sistema de coordenadas geográficas ou UTM (LOUGLEY et al, 2013).

Santos (2004) declara que através do estudo da conformação atual do terreno pode-se deduzir o tipo e intensidade dos processos deposicionais e erosivos, a composição, distribuição e textura dos solos, além da capacidade potencial de usos.

Desta forma, quando associados a outros elementos do meio, os dados da geomorfologia podem auxiliar na interpretação de fenômenos como inundações e variações climáticas locais, visto que, o escoamento tende a ocorrer na direção dos locais mais baixos, logo, ocasionando um acúmulo rapidamente quando há ausência e/ou ineficácia do sistema de drenagem urbana.

Figura 7 - Curvas de níveis da área de estudo representadas na plataforma Qgis



Fonte: Elaborada pela autora

A figura 7, mostra conforme a legenda, as curvas de níveis ou curvas altimétricas, as quais indicam a altitude da região onde está localizada a área de

estudo, por sua vez, ela representa graficamente a irregularidade da superfície. Logo, quando as curvas são mais próximas umas das outras, percebemos que o terreno possui elevada altitude e quando as curvas de níveis estão mais distantes identificamos um terreno mais plano.

Analisando-se a topografia da área de estudo, a parte mais alta se encontra mais próxima a Rua Idelfonso Albano, o que corrobora para que o sentido do fluxo hídrico seja a parte de maior alagamento na Avenida Heráclito Graça.

### 3.1.4 Relação Topografia e Fluxo Hídrico

Problemas socioambientais no contexto de manejo de águas pluviais em áreas urbanas vem se tornando cada vez mais sérios tanto no Brasil, como no mundo.

As características topográficas de uso e cobertura do solo são fatores que influenciam diretamente a velocidade e a magnitude das respostas hídricas das bacias hidrográficas (RENNÓ, 2003).

A topografia de uma região tem muita influência na dinâmica da água dentro de uma bacia hidrográfica. Em um terreno mais acidentado com declividades mais acentuadas e conseqüentemente solos mais rasos, espera-se que a água seja armazenada em menor quantidade e rapidamente escoe para as áreas mais baixas, ao contrário em terrenos com declividades mais suaves e áreas planas com maior capacidade de armazenamento a água deve se acumular mais contribuindo para a manutenção de uma vazão mínima mais elevada (Lopes, 2010).

Analisando-se a área de estudo, conclui-se que a topografia influencia diretamente no direcionamento do fluxo hídrico, como ilustra as setas azuis da figura 8, indicando para onde as águas vão em eventos de maior pluviometria, favorecendo assim para o acúmulo de água na região mais baixa, no caso a Avenida Heráclito Graça, ocasionando assim alagamentos constantes.

Figura 8- Relação topografia e fluxo hídrico



Fonte: Elaborada pela autora

### 3.1.5 Bacia Hidrográfica Vertente Marítima

Situada em área limítrofe do Oceano Atlântico, a bacia Vertente Marítima está inserida totalmente na zona urbana de Fortaleza, como mostra a figura 9. A mesma corresponde à faixa de dunas localizada entre as bacias do Maranguapinho e do Cocó, com topografia favorável ao escoamento das águas para o mar, seja diretamente ou através de riachos.

Figura 9 - Bacias Hidrográficas de Fortaleza



Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza (2015)

Aliado aos aspectos culturais das populações locais e à dinâmica própria do ambiente natural, as bacias hidrográficas urbanas oferecem respostas compatíveis com as diversas formas de uso e ocupação do solo, bem como com a gestão do ambiente urbano (ARMITAGE, 2000).

A tabela 1 mostra algumas informações adicionais sobre as bacias hidrográficas ilustradas na figura 9.

Tabela 1 - Bacia hidrográficas de Fortaleza

<b>Bacias Hidrográficas</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Extensão do Talvegue principal (km)</b>
Bacia da Vertente Marítima	34,54	23
Bacia do Rio Cocó	209,63	97
Bacia do Rio Maranguapinho	86,84	100
Bacia do Rio Pacoti	5,02	3

Fonte: Prefeitura Municipal de Fortaleza (2012)

A área de estudo localiza-se na bacia hidrográfica Vertente Marítima, como mostra a figura 10, que está situada na parte norte do município de Fortaleza, Ceará.



de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Como na maioria das grandes cidades do Brasil, em Fortaleza houve um crescimento sem o devido planejamento e cobertura da infraestrutura. As consequências dessa expansão praticamente espontâneas são sentidas hoje, prejudicando o funcionamento das cidades em vários aspectos desde o saneamento, a habitação, malha viária, drenagem urbana, entre outros.

Diante disso, a urbanização e a ocupação desordenada não consideraram o relevo que determina o sistema natural de drenagem, sendo executadas assim construções e aterros em locais inadequados como em linhas preferenciais de escoamento e pontos baixos (depressões).

Segundo o Plano Municipal de Drenagem de Fortaleza (2015), a deposição do lixo nas margens dos rios da bacia Vertente Marítima e o lançamento de esgotos na rede de drenagem são fatores que comprometem a hidrografia pela redução da capacidade de vazão e pelos problemas decorrentes da poluição.

Conforme a referência citada anteriormente, foram identificados alguns problemas nas bacias hidrográficas do município, ocasionando deficiência no sistema de drenagem, tornando-se as localidades sujeitas a inundações nos períodos de chuvas. Tais problemas são ocasionados pelos seguintes principais fatores:

- Assoreamento;
- Ligações clandestinas de rede de esgoto;
- Interferências na drenagem com os sistemas de rede de água e esgoto, onde os mesmos chegam a interferir em até 100% nas suas velocidades e vazões (ampliação desalinhada das redes de abastecimento de água, esgoto e telefonia);
- Ação antrópica associada ao processo de urbanização, especialmente a ocupação desordenada do curso natural do caminho das águas drenadas pela hidrografia do município.
- Obstrução da rede por detritos, lixo e sedimentos, como mostra a figura 11;

Figura 11 - Boca de lobo localizada no cruzamento entre a Avenida Heráclito Graça e Rua Antônio Augusto



Fonte: Adaptada do Google Maps (2020)

O sistema de drenagem da área de estudo deste trabalho é formado por um conjunto de dispositivos de captação superficial (bocas de lobos), localizadas nos cruzamentos, como ilustra a figura 12, nos pontos baixos e em pontos intermediários, como mostra a figura 13, segundo a necessidade de captação das águas pluviais, são situadas juntos aos passeios ligados a uma galeria, disposta, quase sempre no eixo da via.

Figura 12 - Boca de lobo no cruzamento da Avenida Heráclito Graça e Ildefonso Albano



Fonte: Jornal Jangadeiro (2019)

Figura 13 - Boca de lobo com grelha



Fonte: Adaptada do Google Maps (2020)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da caracterização da área de estudo, das discussões apresentadas na fundamentação teórica e metodologia utilizada, serão descritos neste capítulo os resultados obtidos de modo a atender aos objetivos desta pesquisa.

Nesta etapa serão apresentadas as medidas necessárias para adoção no sentido de reconhecimento e operação nos pontos de alagamentos. Os principais problemas a serem solucionados serão:

### 4.1 OBSTRUÇÃO DA REDE POR DETRITOS, LIXO E SEDIMENTOS

Observou-se que os resíduos conduzidos até a rede de drenagem são em consequência de diversos fatores, entre eles pode-se citar:

- Frequência e cobertura da coleta de lixo;
- Frequência da limpeza das ruas;
- Forma de disposição do lixo pela população.

Concluindo-se que as principais fontes de resíduos no sistema de drenagem são:

1. Comportamento antissocial dos indivíduos lançando lixo nas calçadas e pelos veículos (figura 14);

Figura 14 - Descarte de lixo nas ruas pela janela de veículos



Fonte: Portal do Trânsito (2018)

2. Manuseio do lixo doméstico;
3. Excesso de embalagens;

Figura 15 - Excesso de papelões e resíduos domésticos



Fonte: Jornal O Povo (2017)

4. Deficiência dos serviços de limpeza das ruas;
5. Inadequadas instalações de disposição;
6. Falta de autoridades para impor penalidades aos transgressores.

De modo simplificado, os resíduos sólidos em trânsito numa cidade podem ser representados pela soma do total coletado pelos serviços públicos, com o total

coletado de resíduos de varrição dos passeios públicos por meio do sistema de limpeza e o total coletado ao longo da rede de drenagem levado pelo escoamento. Ou seja, quando há falhas na coleta dos resíduos sólidos, o sistema de drenagem acaba absorvendo parte desse lixo, prejudicando seu funcionamento, como pode ser observado nas Figuras 16 e 17.

Figura 16 - Obstrução das redes por resíduos sólidos



Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza (2015)

Figura 17 - Boca de lobo obstruída por sedimentos



Fonte: Jornal O Popular (2014)

Visando diminuir a quantidade de lixo encontrado no sistema de drenagem urbana, o projeto do bueiro inteligente (figura 18) vem se mostrando eficaz, sendo assim um sistema já aderido por várias subprefeituras de São Paulo e por cidades do interior paulista, por exemplo. A ideia é impedir, por meio de um software e de um filtro, que os resíduos entupam os bueiros.

Figura 18 - Bueiros inteligentes



Fonte: Muda Tudo (2017)

O filtro, localizado dentro dos bueiros, retêm o lixo ao mesmo tempo em que deixa a água circular por seu interior. No momento em que a sujeira atinge 80% do volume de armazenamento, é emitido um sinal para a central de monitoramento, que envia, em seguida, uma equipe para a limpeza do local.

Sendo assim, faz-se necessário fornecer além da rede de drenagem urbana, um sistema de coleta de lixo mais eficiente e efetivo, pois, os resíduos sólidos que não são coletados pelo serviço de limpeza escorrem para galerias obstruindo-as e interferindo na drenagem.

#### 4.2 LIGAÇÕES CLANDESTINAS DE REDE DE ESGOTO

De acordo com a Lei do Saneamento 11.445/07, é proibido lançar água servida em vias públicas, mesmo que não haja coleta de esgotos no local. Se não houver sistema de esgoto, o destino deve ser fossa séptica, visto que o lançamento de esgotos na rede de drenagem é um fator que compromete a hidrografia pela redução da capacidade de vazão e pelos problemas decorrentes da poluição. Faz-se necessário a contratação de uma empresa especializada para acompanhar/fiscalizar as intervenções.

O convênio de cooperação técnica deverá ser entre a Prefeitura de Fortaleza, via regional do centro e Secretaria de Infraestrutura, bem como a o Governo do Estado do Ceará através da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE no sentido de harmonizar as intervenções necessárias sem que a rede de distribuição e tratamento de água seja afetada pelas intervenções.

Ressaltando que os envolvidos devem levar em consideração a existência das normas do Plano de Saneamento Básico e Recursos Hídricos (PMSB/RH), implantado em Fortaleza, das vantagens em adotá-las, devem ter acesso ao conhecimento técnico referente a essas práticas a que se destina e a formular as linhas de ações estruturantes e operacionais referentes ao Saneamento Básico, no que se refere ao abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem urbana e manejo das águas pluviais, de transporte.

Portanto, a importância em compreender que no planejamento dentre as suas principais finalidades, está a avaliação da oportunidade de corrigir falhas de forma antecedente verificação das especificidades para obtenção de resultados satisfatórios neste tipo de planejamento.

#### 4.3 AÇÃO ANTRÓPICA ASSOCIADA AO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

Sabe-se que os alagamentos são ocasionados pelo acúmulo de água, formados pelos escoamentos superficiais das chuvas intensas que em ambientes mal planejados, impermeabilizados e com falta de infraestrutura adequada para a drenagem, pode causar danos irreversíveis.

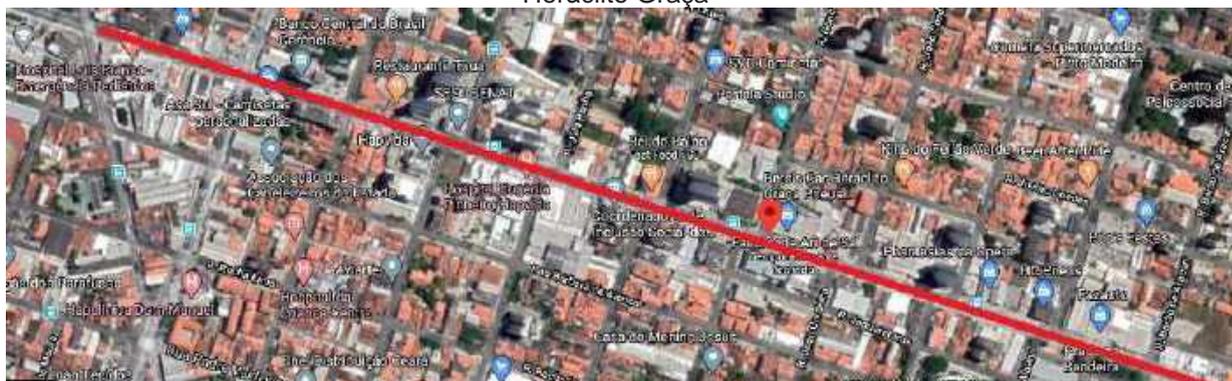
A partir da análise do processo de urbanização da área de estudo foi observado, um fator que pode ter contribuído para alagamentos e deficiência na drenagem de Fortaleza, a impermeabilização de áreas, causada por parte da população, quando não respeita o índice de permeabilidade obrigatório em seus imóveis.

Carvalho (2019) afirma que como consequência da impermeabilização do solo, devido ao processo de pavimentação por exemplo, surge as inundações e alagamentos, visto que, a vazão extravasada nos períodos de chuvas deveria ser amortecida pela vegetação e condições de solo favoráveis à infiltração.

Logo, área de estudo deste trabalho por apresentar alto índice de pavimentação asfáltica como mostra a figura 19, torna-se uma área suscetível a

escoamento superficial. Portanto, alvo frequente de fenômenos como alagamentos e enchentes.

Figura 19 - Impermeabilização do solo atrelada ao processo de urbanização da Avenida Heráclito Graça

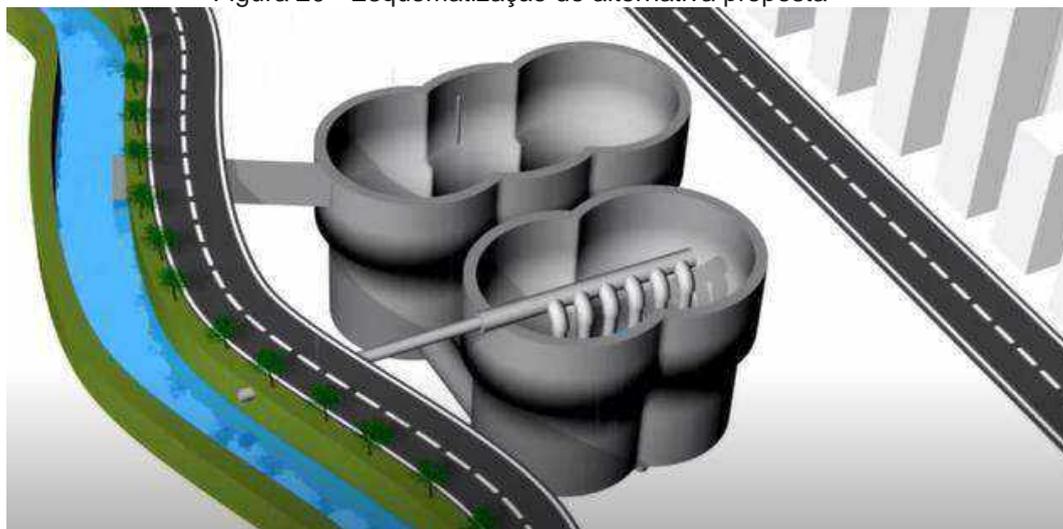


Fonte: Adaptada pela autora do Google Maps (2020)

Como medida alternativa sugere-se a utilização de reservatórios subterrâneos, também conhecidos como piscinões para o amortecimento de vazões de cheia.

Os reservatórios atuam de forma a permitir a restituição à jusante de vazões compatíveis com um limite previamente fixado ou imposto pela capacidade de vazão de uma rede ou curso de água existente (BICHANÇA, 2006). As bacias de retenção contam com um dispositivo de descarga que não permite o escoamento da totalidade das vazões afluentes, como pode ser observado na figura 20. Desta forma, em situações de forte pluviosidade, proporcionam o armazenamento da água e a consequente subida de seu nível dentro da bacia. Com o tempo, a água é liberada lentamente, diminuindo o nível na bacia até que se atinja a situação de equilíbrio, como mostram as figuras 21 e 22.

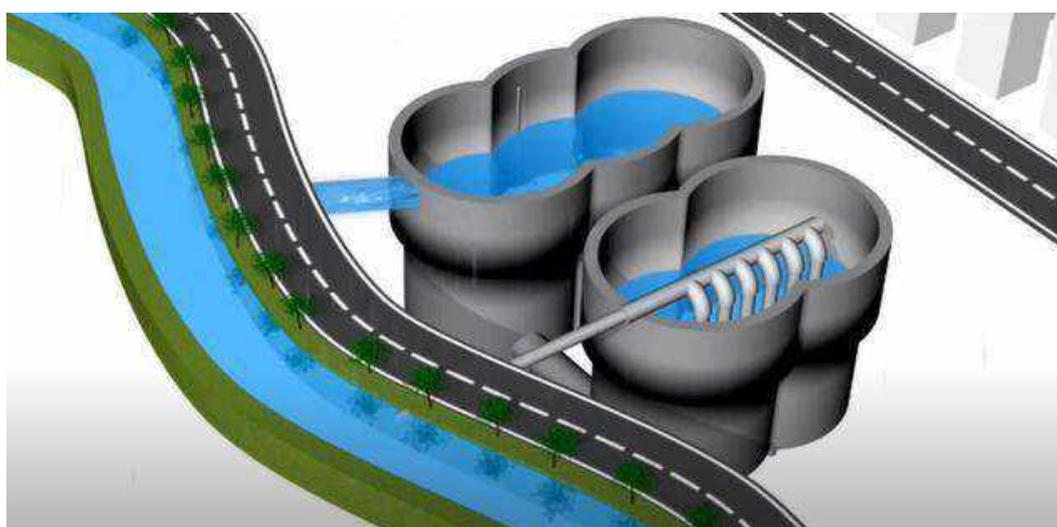
Figura 20 - Esquemática de alternativa proposta



Fonte: Adaptado do Youtuber (2020)

Com a chuva, toda água superficial que escorre pelo pavimento vai ser direcionada aos reservatórios como ilustra a figura 21.

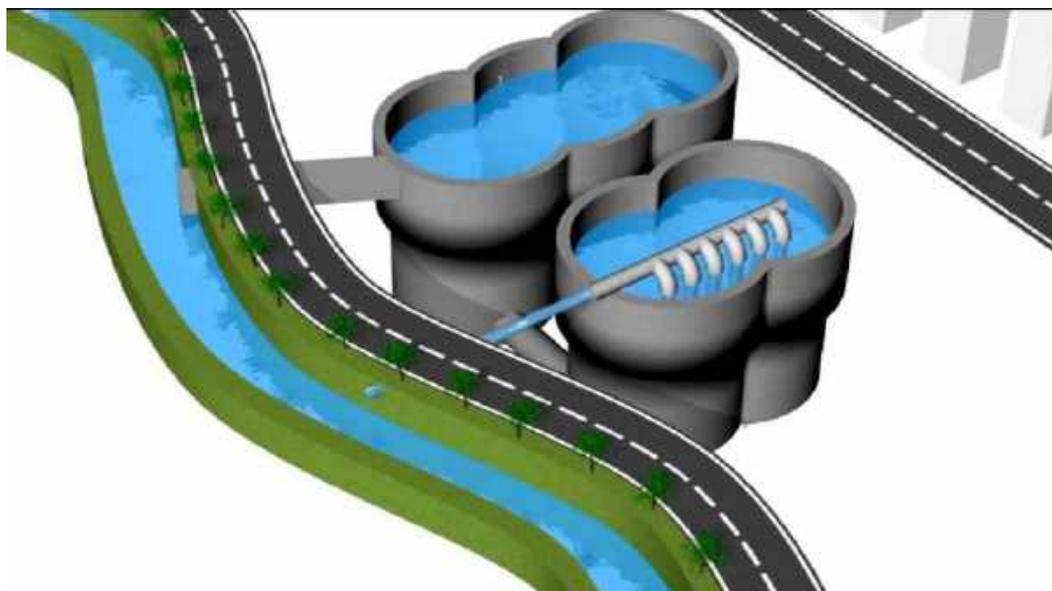
Figura 21 - Etapa de captação da água para os piscinões



Fonte: Adaptado do Youtuber (2020)

Quando atingir o nível máximo dos reservatórios, bombas serão acionadas de forma que faça o bombeamento da água para rio/mar mais próximo da região, como ilustra a figura 22.

Figura 22 - Etapa de escoamento final

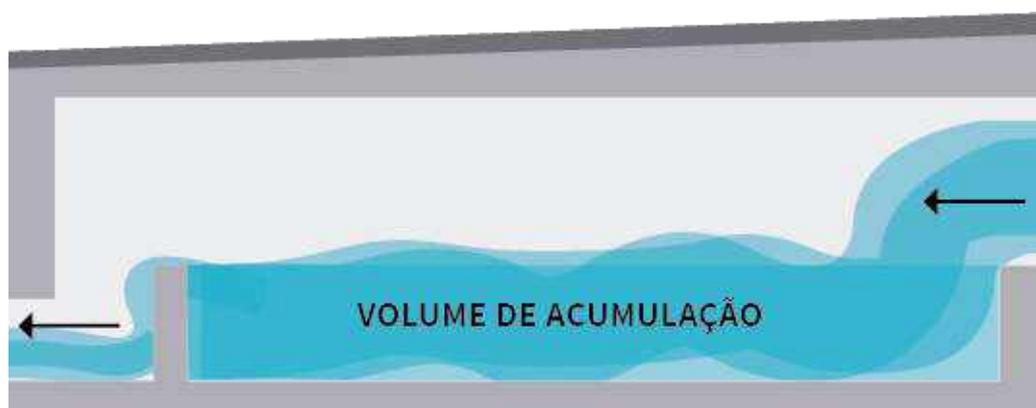


Fonte: Adaptado do Youtuber (2020)

Resumidamente o piscinão funcionará em três etapas, sendo estas respectivamente:

1. Água entra no piscinão em grande quantidade;
2. É acumulada em um volume intermediário;
3. Depois, escoa mais lentamente por tubos menores.

Figura 23 - Ilustração do funcionamento do reservatório de amortecimento de vazão

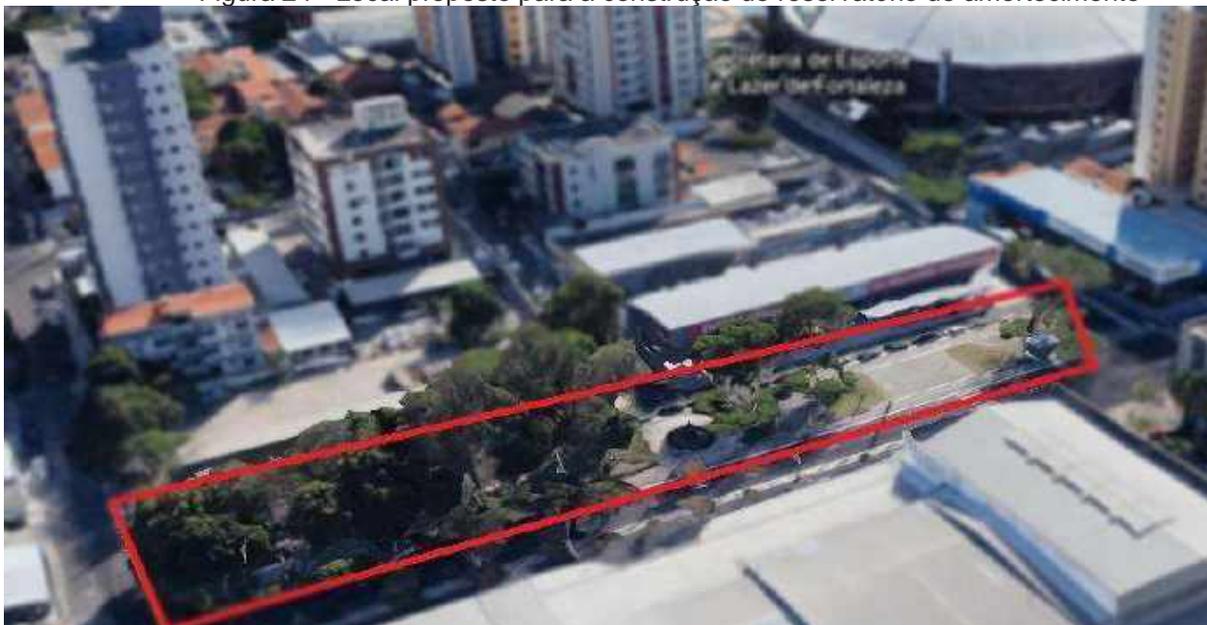


Fonte: Gazeta do Povo (2020)

Sugere-se como local para a construção do reservatório de prevenção contra alagamentos e enchentes, a utilização do espaço da Praça da Bandeira, já que o mesmo encontra-se localizado no cruzamento de principal ponto de vazão excedente

da Avenida Heráclito Graça e sendo realizado reservatórios subterrâneos, não afetará a área verde e de lazer do bairro.

Figura 24 - Local proposto para a construção do reservatório de amortecimento



Fonte: Adaptada do Google Earth (2020)

Com auxílio da ferramenta Google Earth, foram possíveis as seguintes informações a respeito da localização proposta para a construção do piscinão:

Tabela 2 – Informações da Praça da Bandeira localizada na Avenida Heráclito Graça

Praça da Bandeira	
Perímetro	304,28 m
Área	2.335,9 m <sup>2</sup>

Fonte: Elaborada pela autora

## 5 CONCLUSÃO

A partir das observações apresentadas anteriormente, constata-se que a região da Avenida Heráclito Graça, entre as ruas João Cordeiro e Ildefonso Albano possui uma área propícia a alagamentos e enchentes, de modo que o atual estado de ocupação urbana permite uma intervenção branda de forma a causar impactos, já que a mesma apresenta uma expansão desordenada.

Os resultados obtidos, apontam problemas na área em estudo, sendo imprescindível que principalmente, o poder público, reconheça a importância dos serviços de saneamento básico, dentre os quais o serviço de drenagem de águas pluviais, tanto na prevenção de doenças, quanto na preservação do meio ambiente.

Ressalta-se a importância dos dados obtidos para propostas de planejamento e ordenamento da ocupação, ainda ocorrente, da área em estudo. Entende-se que tais informações são de grande importância para possíveis projetos de zoneamentos e requalificação da área, neste caso, com a institucionalização de um Plano Diretor estruturado e atual.

### 5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Dessa forma, este trabalho se torna importante como mais uma produção que colaborará para possíveis pesquisas, principalmente como ferramenta de análise sobre as utilizações das técnicas de geoprocessamento para análise ambiental, contribuindo como aporte teórico-metodológico para pesquisas diversas. A seguir, apresentam-se sugestões para trabalhos futuros.

- Avaliação de viabilidade econômica dos reservatórios para amortecimento de vazões;
- Avaliar os impactos causados.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L.C. **Análise espacial de dados com o Quantum Gis: exercícios realizados durante tópico especial ofertado pelo programa de Pós-Graduação em Geografia da USFC.** *Observorium*,2011.
- ALVES, J. da S. **Software GIS Livre e o ensino-aprendizagem da geografia.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia), Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira,2011. 50 p.
- ARMITAGE, N.; ROOSEBOOM, A. *The removal of urban litter from stormwater conduits and streams: Paper 1 — The quantities involved and catchment litter management options.* *Water S.A.*, v. 26, n. 2, p. 181-187, 2000.
- ANDRADE, J. **Previsão hidrometeorológica visando sistema de alerta antecipado de cheias em bacias urbanas.** 2006. 128 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.
- AQUAFLUX. Microdrenagem e Macrodrenagem – Os Subsistemas Característicos da Drenagem Urbana. Disponível em: <[https://www.aquafluxus.com.br/microdrenagem\\_e\\_macrodrenagem\\_os\\_subsistemas\\_caracteristicos\\_da\\_drenagem\\_urbana/?lang=en](https://www.aquafluxus.com.br/microdrenagem_e_macrodrenagem_os_subsistemas_caracteristicos_da_drenagem_urbana/?lang=en)>. Acesso em 14 de maio 2020.
- BICHANÇA, M. F. **Bacias de retenção em zonas urbanas como contributo para a resolução de situações extremas: cheias e secas.** Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006. Acesso em: 10 de novembro 2020. Disponível em: <https://repositorioaberto.up.pt/bitstream/10216/12324/2/Texto%20integral.pdf>.
- BIDONE, F. R., TUCCI, C.E.M., 1995, **Microdrenagem**, in: Tucci, C.E.M., Porto, R.L., Barros, M.T., 1995, org, *Drenagem Urbana*, Porto Alegre, Editora da Universidade, 428p., pp 77-105
- BUTLER, D.; DAVIES, J.W. *Urban Drainage*. 2. ed. Londres e Nova York: Spon Press — Taylor & Fracis Group. 566 p, 2004.
- CAMARA, G.; DAVIS, C. e MONTEIRO A.M.V. **Introdução à ciência da geoinformação.** INPE, São José dos Campos, São Paulo. 2001.
- CAMARA, G.; FONSECA, F. *Information policies and open source software in developing countries.* **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 58, n. 1, p. 121–132, 2007.
- CASTRO, A. **Glossário de defesa civil, estudo de riscos e medicina de desastres.** 2 ed. Brasília, DF, 1998. 173 p.
- CARVALHO, C.; MACEDO, E; OGUURA, A. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios.** Brasília, DF, 2007. 176 p.

COSTA, J. **Desenvolvimento de sistema de alerta de enchentes aplicado aos planos de defesa civil em áreas risco no Estado do Pará utilizando sistema de informações geográficas (SIG), Caso: cidade de Marabá.** 196 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará. Belém, 2012.

DEFESA CIVIL SÃO BERNARDO DO CAMPO/SP. **Banco de Dados.** Disponível em: <[dcsbcsp.blogspot.com.br/2011\\_06\\_01\\_archive.html](http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011_06_01_archive.html)>. Acesso em 02 de abril de 2020. não paginado, il. color.

ENGENHARIA CIVIL NA INTERNET. Curso de EPANET 2.0 - **Simulação Hidráulica de Sistemas de Adução e de Distribuição de Água.** Disponível em: <<https://www.engenhariacivil.com/curso-epanet-simulacao-hidraulica>>. Acesso em 14 de maio 2020.

ENOMOTO, C. **Método para elaboração de mapas de inundação: Estudo de caso na Bacia do Rio Palmital, Paraná.** 2004. 132 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicações. Oficina de textos,** São Paulo, 160 pp. 2008.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Av.+Her%C3%A1clito+Gra%C3%A7a,+Fortaleza+-+CE/@-3.7356472,-38.5207464,17z/data=!4m5!3m4!1s0x7c748f83da2a5b77:0x44141512db1967fc!8m2!3d-3.7357596!4d-38.5173561>>. Acesso em 14 de maio 2020.

GUESS, A.H. **Software livre e controvérsias tecnocientíficas: uma análise sociotécnica no Brasil e em Portugal.** Dissertação de Mestrado em Sociologia Política, Santa Catarina, Florianópolis, 183 p. 2005.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M; MORENO, D.; MARCELINO, I; MARCELINO, E.; GONÇALVES, E.; BRAZETTI, L; GOERL, L.; MOLLERI, G.; RUDORFF, F. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos.** 1 ed., Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006.

LOUNGLEY, P.A. et al. **Sistema e ciência da informação geográfica.** Tradução de André Schneider... et al. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

NETO, J.A.B; CARNEIRO, A.F.T. **Análise e aplicação de softwares livres na estruturação de cadastros territoriais urbanos.** CONIC. CTG- UFPE. 4pp. 2010.

Normas Técnicas para Projetos de Sistema de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário. **SPO 012 – Estudo de Concepção.** Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE). Fortaleza, 2010.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Carta de Ottawa Sobre a Promoção da Saúde.** Ottawa: OMS, 1986. Disponível em: <

[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/carta\\_ottawa.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/carta_ottawa.pdf) . Acesso em: 30 abril 2020.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO. Disponível em: <[https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/consulta\\_publica\\_de\\_drenagem.pdf](https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/consulta_publica_de_drenagem.pdf)>. Acesso em: 22 abril 2020.

QGIS. **A liderança do SIG de código aberto.** Disponível em: <[https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/about/index.html](https://www.qgis.org/pt_BR/site/about/index.html)>. Acesso em 14 de maio 2020.

RENNÓ, C. D.; SOARES, J. V. **Uso do índice topográfico como estimador da profundidade do lençol freático.** Anais do XI Simpósio Brasileiro Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte, MG, 2003.

RIGHETTO, A. M. Manejo de águas pluviais urbanas. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Disponível em: [http://www.finep.gov.br/prosab/livros/prosab5\\_tema%204.pdf](http://www.finep.gov.br/prosab/livros/prosab5_tema%204.pdf). Acesso em: 11 setembro 2020.

SANTOS, R.F. **Planejamento Ambiental – Teoria e Prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

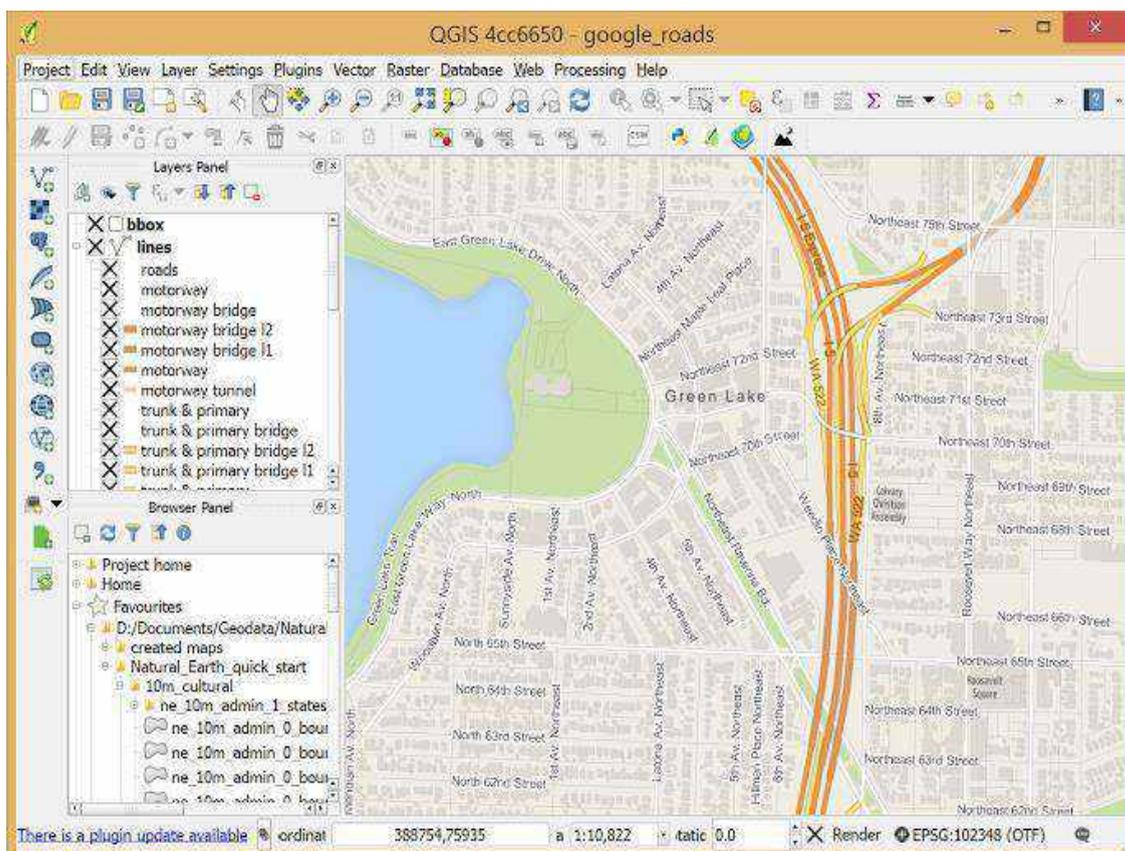
SILVA, C. **Mapeamento das áreas de inundação do Rio Ibirapuitã em Alegre- RS.** Geografia Ensino e Pesquisa, Cascavel, v. 15, n. 3, p. 7389, set./dez. 2011.

SILVA, et al. **Identificação de Pontos Críticos do Sistema de Drenagem Urbana: O Estudo de Caso da Bacia do Riacho Pajeú, Fortaleza – Ceará.** Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C. (Org.) **Inundações urbanas na América do Sul.** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 150 p.

WRI, 1992. **World Resources 1992-1993.** New York: Oxford University Press. 385p

## ANEXO A – PLATAFORMA: SOFTWARE QGIS



Fonte: QGIS. s/d