



CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANA BEATRIZ PATRICIO DE ANDRADE

**ESTUDO E ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CAUSAS DE ALAGAMENTOS
NA RUA JOSÉ AVELINO EM FORTALEZA - CE**

FORTALEZA

2022

ANA BEATRIZ PATRICIO DE ANDRADE

**ESTUDO E ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CAUSAS DE ALAGAMENTOS
NA RUA JOSÉ AVELINO EM 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.

FORTALEZA

2022

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

A554e Andrade, Ana Beatriz .

ESTUDO E ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CAUSAS DE ALAGAMENTOS NA RUA JOSÉ AVELINO
EM FORTALEZA - CE / Ana Beatriz Andrade. – 2022.

45 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade Ari de Sá, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza,
2022.

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

1. Alagamento. 2. Drenagem Urbana. 3. Saneamento Básico. 4. Rua José Avelino. I. Título.

CDD 620

ANA BEATRIZ PATRICIO DE ANDRADE

**ESTUDO E ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CAUSAS DE ALAGAMENTOS NA RUA
JOSÉ AVELINO EM 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.

Aprovada em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

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

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

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

Dedico este trabalho a todos aqueles que
me apoiam e desejam o meu bem.

AGRADECIMENTOS

Às minhas avós Ana e Maria por terem permitido a realização do meu sonho de fazer faculdade.

Aos meus pais Anderson e Geane por terem me incentivado e pela certeza partilhada de que eu conseguiria, assim como meus irmãos Bruno e Caio.

Às minhas queridas amigas Juliana, Estéfane, Ana Julia, Isabela e Ingrid, por estarem ao meu lado em todos os momentos, sejam quais forem as circunstâncias.

À Deus, pela presença irrefutável em minha vida e por ter me dado força para ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

Ao professor Anderson Almeida, que contribuiu para o desenvolvimento do trabalho aqui apresentado.

Finalmente, a mim mesma por não ter desistido.

Todo mundo vê o que quer ver.
(Cassandra Clare, 2007)

RESUMO

O devido trabalho apresenta as justificativas dos episódios de alagamentos na Rua José Avelino, localizada no centro da cidade de Fortaleza, capital do Estado do Ceará. Ao longo dos anos as grandes cidades passaram por um intenso crescimento populacional, enquanto por outro lado não houve um planejamento urbano adequado. A falta de importância ocasionou no aparecimento de problemas ambientais, sociais e econômicos. O asfaltamento das ruas sem o devido estudo de implantação das galerias de águas pluviais, colaborou com o restringimento da absorção da água pelo solo e pelo carregamento de resíduos para as galerias. Os impactos das mudanças climáticas, combinados com a urbanização acelerada e a deterioração da infraestrutura urbana já esgotada, por exemplo, são um dos motivos das inundações urbanas. A Rua José Avelino possui grande movimentação urbana diária, em decorrência de abrigar diversas lojas atacadistas, galerias e pequenos centros comerciais, além de receber a famosa “Feira da Madrugada”, por esse motivo conseqüentemente são gerados resíduos sólidos e muitas das vezes o acúmulo desses resíduos fazem a obstrução da rede de drenagem. A problemática dos alagamentos ocorre por uma seqüência de fatores, podendo citar a baixa topografia que a rua está inserida, sendo próxima da região oceânica da cidade, assim como uma drenagem deficiente. Portanto é necessário tomar medidas que tratam de prevenir ou minimizar os alagamentos, atuando no foco do problema e que garantam o bem estar da população. O trabalho conclui com o apontamento dos motivos para a ocorrência de alagamentos na Rua José Avelino, em decorrência de apresentar uma elevação mais baixa em determinados pontos, assim como os espaçamentos entre as bocas de lobo serem maiores que o recomendado, juntamente com a obstrução dos resíduos sólidos gerados diariamente e uma mal planejamento dos dias que ocorrem a varrição da via.

Palavras-chave: Alagamento. Drenagem Urbana. Saneamento Básico. Rua José Avelino.

ABSTRACT

This study presents the justifications for the episodes of flooding in Rua José Avelino, located in the center of the city of Fortaleza, capital of the State of Ceará. Over the years the big cities have experienced an intense population growth, while on the other hand there has not been an adequate urban planning. The lack of importance caused environmental, social and economic problems. The asphaltting of streets without a proper study of the implementation of stormwater drainage channels has contributed to the restriction of water absorption by the soil and the loading of waste into the channels. The impacts of climate change, combined with accelerated urbanization and the deterioration of already depleted urban infrastructure, for example, are one of the reasons for urban flooding. The José Avelino Street has a great daily urban movement, as a result of housing several wholesale stores, galleries and small commercial centers, besides hosting the famous "Feira da Madrugada", for this reason solid residues are consequently generated and many times the accumulation of these residues cause the obstruction of the drainage network. The problem of flooding occurs due to a sequence of factors, including the low topography that the street is inserted, being close to the oceanic region of the city, as well as a deficient drainage. Therefore, it is necessary to take measures to prevent or minimize flooding, acting in the focus of the problem and ensuring the welfare of the population. The work concludes by pointing out the reasons for the occurrence of flooding in Rua José Avelino, as a result of its lower elevation in certain points, as well as the spacing between the manholes being greater than recommended, along with the obstruction of solid waste generated daily and a poor planning of the days that the street sweeping occurs.

Keywords: Flooding. Urban drainage. Basic sanitation. José Avelino Street.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Bacias Hidrográficas e Sub-bacias do Brasil	19
Figura 2 - Bacias Hidrográficas do Município de Fortaleza	20
Figura 3 - Média de precipitação do ano de Fortaleza	23
Figura 4 - Precipitação do mês de abril	24
Figura 5 - Rua Jose Avelino antes da reforma	27
Figura 6 - Rua Jose Avelino após a reforma	28
Figura 7 - Fluxograma da metodologia	30
Figura 8 - Localização do trecho de estudo	32
Figura 9 - Elevação de P1	32
Figura 10 - Elevação de P2	33
Figura 11 - Ponto de início de elevação	33
Figura 12 - Final da elevação	34
Figura 13 - Elevação ao longo do trecho	34
Figura 14 - Localização das bocas de lobo	35
Figura 15 - Boca de lobo 1	36
Figura 16 - Boca de lobo 2	36
Figura 17 - Boca de lobo 3	37
Figura 18 - Boca de lobo 4 e 5	37
Figura 19 - Boca de lobo 6 e 7	37
Figura 20 - Boca de lobo a montante do cruzamento	39
Figura 21 - Espaçamento de BL1 para BL3	40
Figura 22 - Espaçamento de BL3 para BL6 e BL7	40
Figura 23 - Espaçamento de BL2 para BL4 e BL5	41
Figura 24 - Acesso da Rua Baturité	42
Figura 25 - Resíduos sólidos na Rua José Avelino	43
Figura 26 - Resíduos na calçada da Rua José Avelino	43
Figura 27 - Resíduos na sarjeta da Rua José Avelino	44
Figura 28 - Corte esquemático do meio fio	46
Figura 29 - Altura do meio fio da Rua José Avelino	46
Figura 30 - Localização da Rua José Avelino	47
Figura 31 - Indicador do ponto de maior movimentação da via	48
Figura 32 - Distância de P1 para BL1	49
Figura 33 - Indicador de elevação da Rua José Avelino na ferramenta TessaDEM	50
Figura 34 - Localização da Rua José Avelino na ferramenta TessaDEM	51
Figura 35 - Profissional da Prefeitura realizando a varrição na Rua José Avelino	53
Figura 36 - Calendário de coleta	54
Figura 37 - Fluxo de movimento na Rua José Avelino	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Zonas de ocupação.....	25
Tabela 2 - Fatores de redução de escoamento das sarjetas	45

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 DRENAGEM URBANA	16
2.2 BACIA HIDROGRÁFICA.....	18
2.2.1BACIA VERTENTE MARÍTIMA	20
2.3 ESCOAMENTO	21
2.4 CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA	23
2.5 CONSEQUÊNCIAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	25
2.6 AUMENTO DAS FREQUÊNCIAS DE CHUVAS E SUAS CONSEQUÊNCIAS.	28
3 METODOLOGIA.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1 BOCA DE LOBO	35
4.2 REDUÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO	42
4.3 TOPOGRAFIA DA REGIÃO.....	47
4.4 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS.....	51
5 CONCLUSÃO	55

1. INTRODUÇÃO

A drenagem urbana faz parte de um conjunto de sistemas de infraestruturas que compõe o saneamento ambiental. O subsistema de micro drenagem corresponde a receber e conduzir as vazões de demanda pluviais geradas pelas áreas urbanizadas. Em cada Município tem-se um plano diretor que conta com o objetivo de conduzir um desenvolvimento personalizado abrangente e sustentável para a cidade. Refere-se à Lei 11.445, onde concebeu a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), aprovada no ano de 2007 e estabeleceu as diretrizes nacionais para o saneamento básico e políticas federais de saneamento básico. E a Lei 12.305 de 2010, onde instaurou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), posicionando sobre seus princípios e objetivos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Nos últimos 50 anos, o Brasil foi atingido por uma forte onda de crescimento populacional. As grandes metrópoles, como a cidade de Fortaleza, hoje com população acima de 2,6 milhões de habitantes, ainda possuem um planejamento urbano de má qualidade. Esse problema gera questões ambientais, sociais e econômicas. As enchentes, cada vez mais frequentes, são consequências da combinação de fortes chuvas e a falta de infraestrutura. Sem investir no saneamento urbano, o Brasil permite que a população sinta a falta de serviços básicos, como abastecimento de água, transporte e tratamento de esgotos e drenagem pluvial.

As enchentes constituem-se num dos importantes impactos sobre a sociedade. Além de trazer danos aos comércios e moradias, também provocam doenças resultantes do contato com a água contaminada, especificamente leptospirose, hepatite e febre tifoide (FREITAS e XIMENES, 2012). Outro fator popularmente discutido é a mudança climática. Países mais desenvolvidos já buscam possíveis soluções para diminuir a crise climática. A vulnerabilidade dos sistemas urbanos de infraestrutura aos estresses climáticos pode gerar complicações nos setores de água, saneamento, energia e transporte, alterando-se de acordo com o grau de desenvolvimento e adaptabilidade. Dessa maneira, as variações do clima podem acentuar problemas já existentes, principalmente nos países em

desenvolvimento, como o Brasil. Impactos na infraestrutura de transporte são esperados devido a projeções relacionadas a mudanças no nível do mar, variações de temperatura, precipitação e a ocorrência de eventos climáticos como chuvas intensas, que poderão acelerar a deterioração de estruturas, aumentar os riscos de interrupções no tráfego e acidentes, com consequente impacto na economia das cidades (Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)).

É fundamental, além dos fatores citados acima, citar o incômodo que a poluição nas redes de drenagem provocado pelos descartes inadequados, ocorrido por parte da população, e pela falta de coleta dos mesmos. Quando há falhas na coleta dos resíduos sólidos, o sistema de drenagem acaba absorvendo parte desse lixo, gerando obstruções das tubulações e prejudicando seu funcionamento. É recomendado um sistema de coleta de lixo eficaz, para impedir que os resíduos sólidos que não são coletados escoem para as galerias.

De acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme), a precipitação média anual do município de Fortaleza no ano de 2021 foi de 1444,6 mm, contribuindo para o volume das bacias hidrográficas que estão totais ou parcialmente inseridas no município. Em períodos chuvosos nota-se um acúmulo de água em inúmeras áreas da cidade. A condição piora com o uso e ocupação indevidos do solo, em conjunto com o processo massivo da impermeabilização.

Conforme destaca Botelho (2011, p. 72), nas áreas urbanas, novos elementos são adicionados pelo homem, como edificações, pavimentação, canalização e retificação de rios, entre outros, que acabam por reduzir drasticamente a infiltração e favorecem o escoamento das águas, que atingem seu exutório mais rapidamente e de forma mais concentrada, gerando o aumento da magnitude e da frequência dos alagamentos nessas áreas.

Este trabalho visa apresentar o estudo de casos de inundações na cidade de Fortaleza, com ponto central à Rua José Avelino, localizada no centro do município. Hoje, a localidade é popularmente conhecida por abrigar comércio e galpões atacadistas, sendo uma via que gera preocupações em épocas de intensas precipitações, pois são evidentes os alagamentos nessa região. Com base nos dados de Parcelamento e Ocupação do Canal de Urbanismo e Meio Ambiente da Prefeitura de Fortaleza, a Rua José Avelino está localizada na Zona da Orla (ZO), trecho III - Subzona 2, setor 1. É caracterizado por ser de interesse urbanístico, área destinada

à revitalização urbana com incentivo à implantação dos usos Residencial, Cultural, Alimentação e Lazer e Hospedagem. Por ser uma rua de interesse comercial, a movimentação diária é intensa, sendo necessárias muitas obras de pavimentação e manutenção por parte da Prefeitura.

Ocasionalmente ocorre o asfaltamento das ruas sem o devido estudo de implantação das galerias de águas pluviais. Este fator pode colaborar com o restringimento da absorção da água pelo solo e pelo carregamento de resíduos para as galerias em direção ao oceano e galerias subterrâneas que deságuam nas praias da vertente marítima. Para complementar existem ligações clandestinas de esgotos que sobrecarregam os canais de drenagem, facilitando o transporte de efluentes domésticos para os corpos receptores. Estes deveriam receber apenas aporte de rede de drenagem.

Devido aos inúmeros casos de alagamentos ocorridos na Rua Jose Avelino, surge a necessidade de implantar soluções que possam reparar os problemas causados pelo fenômeno descrito, com intuito de despertar um alerta aos responsáveis da presente gestão do Município de Fortaleza. Compreende-se que é impraticável o controle das chuvas, portanto, passa-se a questionar sobre quais seriam as possíveis soluções aplicáveis à situação, a fim de proporcionar melhorias aos comerciantes, residentes e transeuntes da localidade. Expõem-se assim os objetivos gerais do presente trabalho, investigar e avaliar o fenômeno de alagamento observado na Rua José Avelino, a fim de identificar as causas relacionada às falhas de infraestrutura que determinam os danos ao patrimônio e à circulação dos indivíduos daquela localidade, e como objetivos específicos mensurar as interferências que o comércio local gera no sistema de micro drenagem e avaliar a suportabilidade atual do sistema de micro drenagem referente as vazões de demandas pluviais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DRENAGEM URBANA

O abastecimento de água passou por várias etapas para chegar ao que usufruímos hoje, tendo como metas a saúde da população e conservação do ecossistema. Porém nem sempre foi assim. Na antiguidade, por exemplo em específico na Roma antiga, o autor BARROS (2014), cita que as ruas onde apresentavam encanamentos serviam de fonte pública e para prevenção de doenças os romanos separavam a água para consumo da população. A maior parte das civilizações da antiguidade construíram seus aquedutos, contudo os romanos foram os grandes responsáveis pelo avanço do desenvolvimento dos aquedutos e pelo tratamento de saneamento. O aqueduto Aqua Apia com aproximadamente 17 km de extensão, seu declive era de apenas dez metros em toda sua extensão, um incrível feito de engenharia para a época. Os romanos também construíram reservatórios, banheiros públicos, chafarizes e nomearam um responsável efetivo como Superintendente de Águas de Roma.

A queda do Império Romano na Idade Média, em conjunto com as crises políticas, econômicas e religiosas fizeram com que não houvesse avanços no saneamento básico. Os conhecimentos adquiridos pelos romanos, ficaram arquivado em monastérios religiosos. A dificuldade em obter água, levou boa parte da população a cavar poços no interior de suas casas, que muitas vezes eram contaminados por dejetos de animais e humanos. Lixos se acumulavam nas ruas, facilitando o aumento de ratos e criando sérios problemas de saúde. Um dos mais graves foi a epidemia da peste bubônica, que só na Europa, causou a morte de cerca de 25 milhões de pessoas. Apenas em 1425, foi revelado as informações guardadas sobre saneamento (BARROS, 2014).

Ainda BARROS (2014), impõe que o início do saneamento no Brasil ocorreu no ano de 1561, quando o governador Estácio de Sá ordenou escavar o primeiro poço para abastecer a cidade do Rio de Janeiro. O abastecimento de água primeiramente era feito por meio de chafarizes e fontes próprias, e a captação e distribuição das águas eram realizadas pelas vilas, neste período o processo de coleta de lixo era feito pelas famílias. No ano de 1750, durante o governo de Gomes Freire de Andrade, foram construídos os Arcos de pedra e cal do aqueduto, hoje conhecido como Arcos

da Lapa. Ao final de 1864, na cidade do Rio de Janeiro foi concluída a instalação da primeira rede de esgoto. Apesar dos avanços na construção de redes de abastecimento e esgotamento sanitário, ainda não eram suficientes para o uso de toda a população, sendo atendidas apenas pelos grandes centros urbanos. Devido à falta de serviços para as pequenas populações, os serviços de infraestrutura passaram a ser feitos através de concessão à iniciativa privada, assim como os serviços de água e esgotos.

Destaca MIRANZI (2010 p. 159) que com o avanço das epidemias trazidas da Europa, tornou-se necessário uma maior vigilância sanitária. Foi então que no ano de 1894, o primeiro Código Sanitário do Estado de São Paulo foi promulgado, com 520 artigos, reunindo as normas de higiene e saúde pública.

Atualmente o Brasil atua pela Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, a qual estabelece normas para o saneamento básico, de forma que altera as leis: 6.766, de 19 de dezembro de 1979; 8.036 de 11 de maio de 1990; 8.666 de 21 de junho de 1993; 8.897 de 13 de fevereiro de 1995; também revoga a lei 6.528 de 11 de maio de 1978. A Lei mencionada tem como princípios imprescindíveis a saúde pública, segurança de vida, proteção ao meio ambiente, adequação a particularidades locais, planejamentos de desenvolvimento urbano e regional, e o combate à pobreza.

Em relação as etapas do saneamento urbano, o Brasil segundo TUCCI, (2004) ainda tem uma visão mais vinculado à drenagem urbana do que à hidrologia urbana. Isso limita o intuito do estudo somente para as grandes cheias. Desse modo, nota-se uma falta de investimentos para pesquisas e construção de obras. Em Fortaleza não é diferente, o problema se reafirma e intensifica em relação ao planejamento da ocupação da área urbana, mediante ao Plano Diretor Urbano, sem consideração aos aspectos de drenagem urbana e qualidade da água, que trazem grandes transtornos e custos para a sociedade e para o ambiente.

Conforme o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019) a drenagem e o manejo das águas pluviais são caracterizados por meio da integração de dois tipos de infraestruturas: as de micro drenagem e as de macrodrenagem. Onde a micro drenagem é a estruturas de menor dimensão, direcionadas pelo traçado das ruas. Suas estruturas são compostas por sarjeta, boca de lobo, poço de visita e galerias. A macrodrenagem é a estruturas de maior dimensão. Orientadas pela rede de drenagem natural, são formadas por galerias subterrâneas, canais superficiais e

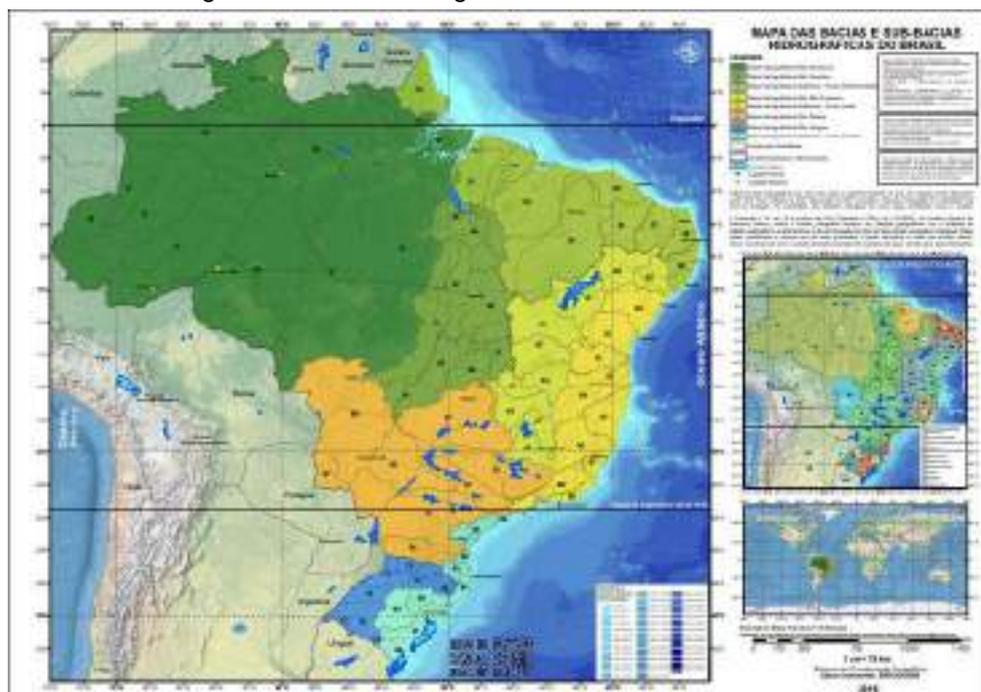
cursos d'água (rios, córregos, riachos). As principais estruturas que formam a macrodrenagem são canais naturais ou artificiais e reservatórios de amortecimento, tendo o objetivo de amortecer as vazões e minimizar os impactos do escoamento das águas pluviais.

2.2 BACIA HIDROGRÁFICA

Os recursos hídricos no Brasil são organizados por bacias hidrográficas em todo o território nacional, seja em corpos hídricos da União ou dos Estados. No território definido como bacia hidrográfica, desenvolvem-se as atividades humanas. Todas as cidades, indústrias, agricultura ou áreas protegidas fazem parte de uma bacia hidrográfica. No seu exutório, estarão representados todos os processos que fazem parte do seu sistema.

De acordo com MARCUZZO (2017), bacias hidrográficas como mostra a figura 1, são áreas que possuem uma única confluência (exutório) das águas sob seu domínio e são separadas topologicamente entre si pelos terrenos mais elevados (divisores de águas). Já a Região Hidrográfica é o espaço territorial compreendido por uma ou mais bacias ou sub-bacias hidrográficas imediatas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, visando orientar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos.

Figura 1 - Bacias Hidrográficas e Sub-bacias do Brasil



Fonte: Francisco F. N. Marcuzzo, 2017

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (Tucci, 1997).

Uma bacia hidrográfica tem a função de gestão dos recursos naturais, especialmente os mananciais, a fim de utilizá-los, como elemento indispensável à vida e insumo para as atividades produtivas, pois possui aplicabilidade para uso da população, da irrigação, da indústria, de várias atividades de lazer que são necessários como fonte de qualidade para a saúde e segurança. A partir dessa necessidade, o estado cearense tornou-se um dos primeiros estados federais a desenvolver um plano hídrico, em 1992, quando foi aprovada a Lei nº 11.996 (MEDEIROS; GOMES; ALBUQUERQUE SILVA; CRUZ, 2011).

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico (FORTALEZA, 2015), a hidrografia principal do município compreende as bacias da Vertente Marítima, do rio Cocó, do rio Maranguapinho e do rio Pacoti como mostra a figura 2. É válido informar que a Rua José Avelino está situada na área que ocupa a Bacia da Vertente Marítima.

Figura 2 - Bacias Hidrográficas do Município de Fortaleza



Fonte: Plano Municipal de Drenagem, 2015

2.2.1 Bacia Vertente Marítima

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico (2015), por se tratar de uma bacia predominantemente residencial, ocorre algumas interferências entre o espaço ambiental e a urbanização, como ocupação generalizada na área, com invasões dos caminhos preferenciais das águas, sendo responsáveis pelo aterramento dos riachos e das lagoas de Fortaleza. A bacia hídrica Vertente Marítima abrange os bairros da Aldeota, Mucuripe, Meireles, Iracema, Moura Brasil, Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente, Farias Brito, Centro e parte do Benfica, Joaquim Távora, Jacarecanga, Pirambu e Cocó. O acúmulo de lixo nas margens dos rios da bacia e o lançamento de esgoto na rede de pluvial são fatores que colocam em risco a hidrologia, devido aos problemas causados pela redução da vazão e poluição. Ainda de acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico (2015), os rios que compõem a bacia da Vertente Marítima formam 7 sub-bacias cujos principais mananciais são:

lagoa do Mel (em processo de extinção), riacho Jacarecanga, riacho Pajeú, riacho Maceió e o riacho Papicu que compõe a lagoa de mesmo nome.

Segundo (TUCCI, 2008) os impactos ambientais causados pelas enchentes provocam o carregamento de sedimentos as bacias naturais, causando o assoreamento dos córregos e transporte junto desses sedimentos de substâncias poluentes para esse córrego, afetando a qualidade da água, podendo também ter alguns dejetos em meio a água, contaminando-a.

2.3 ESCOAMENTO

O desenvolvimento urbano gera um ciclo de poluição originado pelos esgotos doméstico, industrial e as tubulações de águas pluviais. Esse processo ocorre, segundo TUCCI (1997), por conta do despejo sem tratamento dos esgotos sanitários nos rios, contaminando este sistema hídrico. O esgoto pluvial transporta grande quantidade de poluição orgânica e de metais que atingem os rios nos períodos chuvosos. Há também a contaminação das águas subterrâneas por despejos industriais e domésticos, por meio das fossas sépticas e vazamento dos sistemas de esgoto sanitário e pluvial. Ocorre depósitos de resíduos sólidos urbanos, que contaminam as águas superficiais e subterrâneas, funcionando como fonte permanente de contaminação. E ocorre a ocupação do solo urbano sem controle do seu impacto sobre o sistema hídrico.

Nas cidades rurais, o fornecimento é realizado a partir de poços ou de um corpo d'água próximo. O esgoto das residências é despejado no sistema de drenagem se possuir, ou em poços e fossas sépticas. Nesse cenário o abastecimento de água corre o risco de ser contaminado pelo próprio esgoto, gerando uma situação catastrófica, pois quando o solo tem baixa capacidade de infiltração, as fossas não funcionam e o esgoto escoia pelas ruas ou por drenagem (TUCCI, 2008).

O escoamento das águas pluviais acontece, com ou sem um sistema de drenagem, e ocupa os espaços disponíveis adequados ou não. Portanto, os sistemas de drenagem devem ser planejados, projetados, construídos e mantidos para fornecer espaço adequado para coleta, armazenamento e condução da água da chuva. Segundo TUCCI (2008), o escoamento de águas pluviais pode causar inundações separadamente ou combinadas:

- Inundações de áreas ribeirinhas: são inundações naturais que ocorrem no leito maior dos rios por causa da variabilidade temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia hidrográfica;
- Inundações em razão da urbanização: são as inundações que ocorrem na drenagem urbana por consequência da impermeabilização do solo, canalização do escoamento ou obstruções ao escoamento.

As inundações em razão da urbanização estão aumentando em frequência e magnitude devido a impermeabilização do solo e da construção da rede de condutos pluviais. À medida que o desenvolvimento urbano cresce, paralelamente aumentam as obstruções ao escoamento, como aterros, pontes, drenagens inadequadas, obstruindo o fluxo ao longo dos dutos e assoreamento (TUCCI, 2003). Geralmente essas inundações são vistas como locais, pois envolvem bacias pequenas. O autor TUCCI (2008), cita que à medida que a cidade se urbaniza, em geral, ocorrem os seguintes impactos:

- Aumento das vazões máximas em várias vezes e da sua frequência em virtude do aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies.
- Aumento da produção de sedimentos pela falta de proteção das superfícies e pela produção de resíduos sólidos (lixo).
- A deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, em razão de lavagem das ruas, transporte de material sólido e de ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial.
- Por causa da forma desorganizada como a infraestrutura urbana é implantada, tais como:
 - (a) pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento;
 - (b) redução de seção do escoamento por aterros de pontes e para construções em geral;
 - (c) deposição e obstrução de rios, canais e condutos por lixos e sedimentos;
 - (d) projetos e obras de drenagem inadequadas, com diâmetros que diminuem a jusante, drenagem sem esgotamento, entre outros.

Com passar do tempo, regiões que apresentam abastecimento tendem a diminuir a qualidade de sua água ou estabelecer maior tratamento químico da água fornecida à população. Embora atualmente exista uma boa cobertura do abastecimento de água no Brasil, ainda é possível comprometê-las se medidas de controle do ciclo de contaminação não forem tomadas.

2.4 CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA

O clima de Fortaleza é definido como tropical quente e úmido com chuvas de verão e outono, ao longo do ano em média a temperatura varia de 24 °C a 31 °C. A cidade apresenta uma variação sazonal extrema na precipitação mensal de chuva. A estação chuvosa concentra-se no primeiro semestre, com precipitação média anual de 1.338 mm, destacando o mês de abril com maior precipitação, com média de 217 milímetros de precipitação de chuva. O mês menos chuvoso em Fortaleza é outubro, com média de 1 milímetro de precipitação de chuva (WEATHERSPARK, 2022).

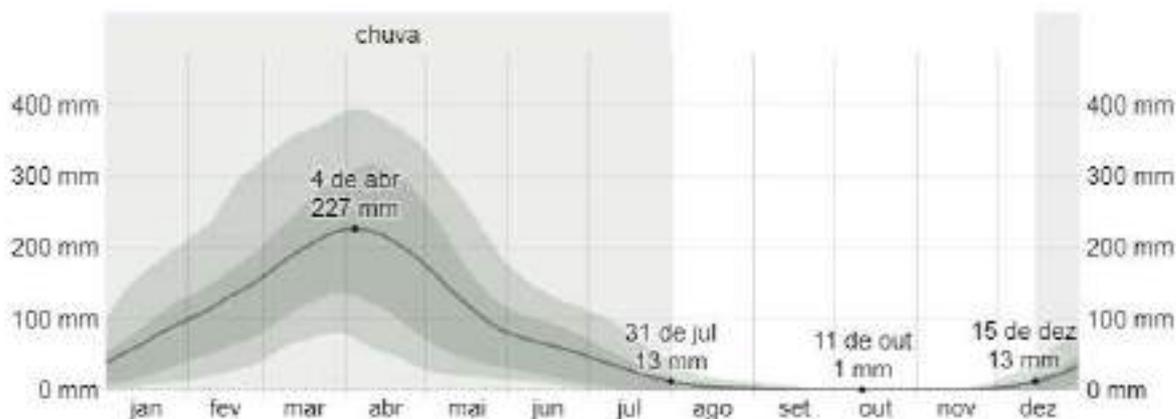
Uma média feita dos anos anteriores, conforme a Figura 3, mostra que a probabilidade de que mais de 1 milímetro de precipitação total ocorra em Fortaleza ao longo dos dias do mês de abril é de 73%, sendo que toda a precipitação esperada é de chuva. Dados retirados da Análise Retrospectiva da Era Moderna (MERRA-2, na sigla em inglês) da NASA.

Figura 3 - Média de precipitação do ano de Fortaleza



Fonte: weatherspark.com, 2022.

Figura 4 - Precipitação do mês de abril



Fonte: weatherspark.com, 2022.

A topografia da cidade de Fortaleza de forma geral apresenta variações pequenas de altitude. O relevo possui uma predominância de terras relativamente baixas, com até 200 metros de altitude. Há compartimentos serranos de maciços residuais e de planaltos sedimentares acima de 700 metros em porções mais restritas do Estado. Alguns destes relevos mais elevados, ainda que estejam situados em porções mais interioranas e em áreas onde ocorrem o fenômeno da estiagem, possuem áreas mais úmidas e com temperaturas relativamente mais baixa por conta da orografia. Nas áreas litorâneas, além dos campos de dunas modelados em sedimentos atuais, os depósitos antigos encontram-se entalhados pela drenagem superficial, isolando interflúvios tabulares, denominados tabuleiros pré-litorâneos (BRANDÃO; FREITAS, 2014).

Ao observar no Mapa de Identificação da Zona por Macrozonas, disponível nos dados do Plano Diretor de Fortaleza (2017), nota-se por meio da Tabela 1, que a zona em que a rua Jose Avelino está inserida é a Zona da Orla III (Praia de Iracema), caracterizada como Subzona 2 (Interesse urbanístico) Setor 1. Como mostra a tabela de Macrozona de ocupação, é destacado que a taxa de ocupação é de 60% no subsolo e solo. E a taxa de permeabilidade é de 20%, isto é importante para garantir que as águas pluviais possam escoar no solo adequadamente, prevenindo as cidades de enchentes e alagamentos.

Tabela 1 - Zonas de ocupação

ZONAS DE OCUPAÇÃO	ZO I	ZO II	ZO III		ZO IV	ZO V	ZO VI	ZO VII		
	Zona de Orla Tratada I	Zona de Orla Tratada II	Zona de Orla Tratada III Praça de Comércio		Zona de Orla Tratada IV	Zona de Orla Tratada V	Zona de Orla Tratada VI	Zona de Orla Tratada VII		
	Área de Canteiro	Acupação de Muito Grande	Edifícios I Baixos Cubanos	Edifícios II Edifícios Intermedios e Residenciais	Módulos Modulares	Área de Orla	Área de Orla	Área de Orla		
TAXA DE PERMEABILIDADE (%)	30	20	25	20	10	20	20	30	40	
TAXA DE OCUPAÇÃO DO SOLO (%)	SOLO	80	80	80	80	80	80	80	80	
	SUBSOLO	60	60	60	60	-	60	60	60	
ÍNDICE DE APROVEITAMENTO (IA)	MÁXIMO	1,50	1,50	2,00	1,50	1,00	3,00	1,00	1,00	2,00
	MÍNIMO	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	3,00	0,10
	MÁXIMO	1,50	1,50	2,00	2,00	1,00	3,00	1,00	1,00	2,00
FATOR DE PLANEJAMENTO (Fp)	-	-	-	-	-	1,50	-	-	1,50	
ALTURA MÁXIMA DA EDIFICAÇÃO (m)	10,00	24,00	40,00	48,00	10,50	72,00	15,00	48,00	36,00	
DIMENSÕES MÍNIMAS DO LOTE	TESTADA (m)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	12,00	8,00	
	PROFUNDIDADE (m)	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	
	ÁREA (m²)	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	125,00	300,00	200,00	
(1) FRAÇÃO DO LOTE	ÁREAS DE APLICAÇÃO	I	-	-	30	-	-	30	-	-
		II	-	-	-	45	-	-	-	-
		III	-	-	-	-	-	-	-	-
		IV	-	-	-	-	-	-	-	75
		V	100	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Parcelamento uso e ocupação do solo, 2017

2.5 CONSEQUÊNCIAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Os principais problemas atuais que decorrem na Rua José Avelino estão ligados diretamente com o comércio local. A Feira José Avelino, também conhecida como “Feira da Madrugada”, trata-se de uma feira de confecções, tendo como enfoque a venda de peças de vestuário produzidas localmente com intuito de serem revendidas a um preço inferior que o encontrado em outras lojas de Fortaleza. Por esse motivo além dos compradores regionais, são atraídos revendedores de outras cidades do Ceará e até mesmo de outros estados do Nordeste. Conforme SOUSA, (2016) a rua que antes era de uso residencial ainda preserva algumas edificações do século XIX, onde serviam de ocupação para comerciantes. Ao longo dos anos o comércio de produtos de confecção foi priorizado pelos trabalhadores que realizam a atividade e legitimado pelo poder público municipal.

Entenda-se que a Feira José Avelino não se delimita apenas como atividade comercial, trata-se de um local de encontro sociais, convívio e trabalho. Há pelo menos 20 anos, a feira vem favorecendo outros empreendimentos comerciais, observando-se inclusive uma valorização espacial daquela porção da cidade em função da expansão da Feira. Dessa maneira se tem uma noção da dinâmica de fluxos de pessoas, atividades, mercadorias e veículos que usufruem da via. Como consequência do alto fluxo de movimentação diária, tem-se um acúmulo significativo de resíduos sólidos urbano.

Segundo TUCCI (2008), os tipos principais de sólidos são os sedimentos gerados pela erosão do solo, em razão do efeito da precipitação e do sistema de escoamento, e os resíduos sólidos produzidos pela população. A soma desses dois componentes é chamada de sólidos totais. Os resíduos produzidos pela feira prejudicam a obstrução da rede de drenagem, que se caracteriza por ser a grande causa dos pontos de alagamento da via. O bloqueio ocorre por parte da população em despejar lixos em locais inadequados e pela falha na coleta dos mesmos em espaços públicos. TUCCI (2018), estabelece que quando há falhas na coleta dos resíduos sólidos, o sistema de drenagem absorve parte dos resíduos, prejudicando seu desempenho. Ao chegarem à rede de drenagem, são transportados por dutos, córregos, rios, lagos e estuários e, por fim para a costa litorânea. Ao longo do percurso os resíduos frequentemente são ancorados na vegetação ao longo das margens de córregos, rios ou lagos, ou espalhados nas praias. Grande parte desse material pode ser soterrado por sedimentos de rios, lagos ou praias.

Outro fator causador de alagamentos e deficiência na drenagem, é a impermeabilização de áreas por parte da população, quando não efetuado o índice de permeabilidade obrigatório em suas residências, ou quando a via é pavimentada pela prefeitura sem a devida pesquisa sobre a implantação das galerias de águas pluviais. Esses dois fatores contribuem significativamente para a redução da captação de água do solo e o transporte de entulhos para as galerias, o que, como mencionado anteriormente, pode causar alagamentos durante as chuvas fortes. Em 2017 ocorreu uma reforma na via.

Figura 5 - Rua Jose Avelino antes da reforma



Fonte: brasil247.com, 2017

Houve uma recuperação do calçamento, alargamento do passeio com acessibilidade, nova iluminação e paisagismo. Parte dos feirantes foram realocados em galpões que se regularizaram na Prefeitura. A Figura 5 indica como a Rua José Avelino se encontrava antes da reforma, nota-se a diferença da repaginação em comparação com a Figura 6, onde é apresentado a via após a reforma. Atualmente os comerciantes não são autorizados a colocarem suas barracas na calçada ou no meio da rua como é notório na Figura 5, permitindo apenas a locação dentro dos galpões disponíveis pela Prefeitura Municipal.

Figura 6 - Rua Jose Avelino após a reforma



Fonte: TV Verdes Mares, 2017

2.6 AUMENTO DAS FREQUÊNCIAS DE CHUVAS E SUAS CONSEQUÊNCIAS

O aumento de temperatura do planeta tem sido um significativo assunto entre as grandes potenciais mundiais. Em 2021 ocorreram vários fenômenos ao redor do mundo que chamaram atenção pelo noticiário. Mais de 1,7 milhões de pessoas foram afetadas pelas enchentes na China (HOLLINGSWORTH, 2021). Incêndios generalizados ocorridos no Colorado, oeste dos Estados Unidos também foram noticiados (ALVARADO; RAZEK; ALMASY, 2021), o Ártico perdeu uma área de gelo marinho equivalente ao tamanho da Flórida entre junho e meados de julho de 2021 (WASKOW; GERHOLDT, 2021). O último relatório publicado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), o órgão de maior autoridade do mundo em ciência do clima, aponta que isso é apenas uma amostra do que está por vir.

O Brasil também presencia tais eventos e frequentemente ganham maior visibilidade quando ocorrem em ambientes onde há um crescimento urbano intenso e desordenado uma vez que nestas áreas tais impactos são potencializados por diversos fatores relacionados a uma maior predisposição ao risco e à forte

concentração de habitantes vivendo em condições de vulnerabilidade. (MONTEIRO; ZANELLA, 2017)

Em geral, significativas transformações no clima local são geradas pelo modo como essas áreas urbanas se desenvolvem, por meio de intervenções desconexas com intensa verticalização, compactação e impermeabilização do solo, supressão de vegetação e cursos d'água. Considerando o acelerado processo de expansão urbana e o atraso na implantação de infraestrutura adequada ao ritmo de crescimento das cidades, estas não se encontram preparadas para os efeitos das mudanças climáticas. (NOBRE et al., 2011)

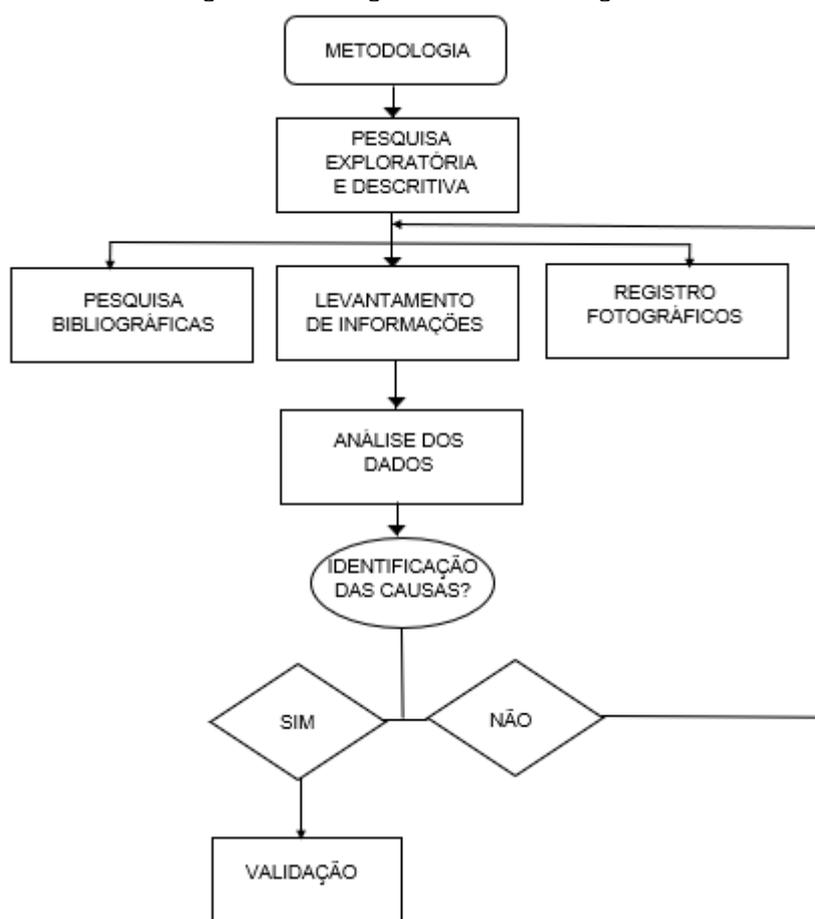
Os impactos das mudanças climáticas, combinados com a urbanização acelerada e a deterioração da infraestrutura urbana já esgotada, por exemplo, podem ser um dos motivos das inundações urbanas (PHILLIP; ANTON; STEEN, 2011).

3 METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva com o intuito de investigar o fenômeno de alagamentos na localidade. Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, buscou-se por meio de pesquisas bibliográficas, fazer o levantamento de referências teóricas que já foram publicadas para conduzir o estudo. A fim de mostrar e possibilitar a identificação das possíveis causas dos alagamentos na Rua José Avelino, se fez necessário ir a campo para o registro de fotografias.

A figura 7 indica através de um fluxograma as etapas adotadas para elaboração do estudo. Visto que se não for possível identificar as causas, o estudo é redirecionado para a etapa de levantamento de informações e pesquisas bibliográficas e o ciclo das atividades recomeça.

Figura 7 - Fluxograma da metodologia



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Segundo a coordenação atual do setor de obras da Secretaria Municipal de Infraestrutura (SEINF), Fortaleza tem um déficit histórico de drenagem pluvial, onde os reparos apenas se iniciaram nos últimos seis anos. O Programa de Drenagem Urbana (DRENURB) realizou um estudo de caso e mapeou os pontos críticos de alagamento da cidade. Apesar da Rua Jose Avelino não estar inclusa em um dos pontos, vale ressaltar a importância da via para os trabalhadores locais e como os alagamentos recorrentes dificultam a vida cotidiana dos mesmos.

É significativo mencionar o fator histórico que a rua estudada possui. Atualmente a pavimentação da via é decretado pelo Município como um tombamento histórico de Fortaleza. Sua história começou antes do século XIX, porém de acordo com Espínola (2007), nessa época com a existência do porto de Fortaleza conhecido como Trapiche do Ellery, que se situava no bairro da Prainha, contribuiu diretamente para o desenvolvimento comercial da área que pertence a Rua José Avelino. A antiga alfandega portuária situava-se na rua, com o propósito de dar suporte a demanda inicial do comércio que se desenvolvia nas proximidades do porto. Na década de 1930, o porto foi transferido para o Mucuripe.

Com a mudança do local do porto, houve uma forte queda das atividades que com o tempo foram desativadas. Em 1990 a via era palco de casas de shows e boates, servia apenas para fim de entretenimento. No início dos anos 2000, as casas de shows deram lugar a galpões para abrigarem os feirantes que passaram a se concentrar e comercializar seus produtos na região. Em concordância com o Decreto Municipal nº 13.035, de 10 de dezembro de 2012, a pavimentação da Rua José Avelino é tombada “[...] haja visto o seu alto valor simbólico, portador de inelutável referência à identidade e à memória da sociedade fortalezense” (PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA, 2012, p. 3).

A área de estudo escolhida deu-se no trecho de maior fluxo de movimento, ou seja, do início da Rua José Avelino até onde as lojas de vestuários terminam, indicado pela Figura 8. Ao especificar pelo Google Earth os pontos de início e fim do trecho, foi possível estimar o comprimento a ser estudado, sendo esse de 201,22 metros de trecho.

Figura 8 - Localização do trecho de estudo



Fonte: Google Earth, 2022.

Com a ferramenta Google Earth também foi possível extrair o perfil de elevação dos pontos marcados no mapa, como mostra as Figuras 9 e 10. O ponto P1 no início da rua possui elevação de 15 metros em relação ao mar, e P2 no final do trecho possui 14 metros de elevação.

Figura 9 - Elevação de P1



Fonte: Google Earth, 2022.

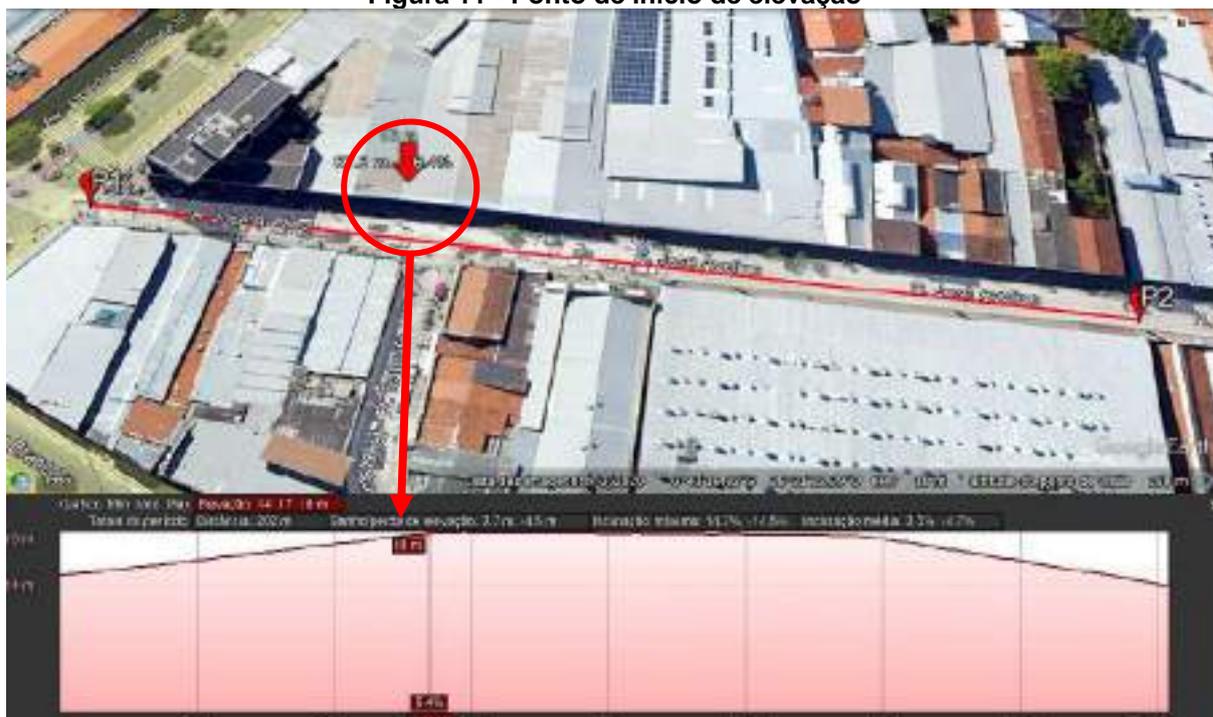
Figura 10 - Elevação de P2



Fonte: Google Earth, 2022.

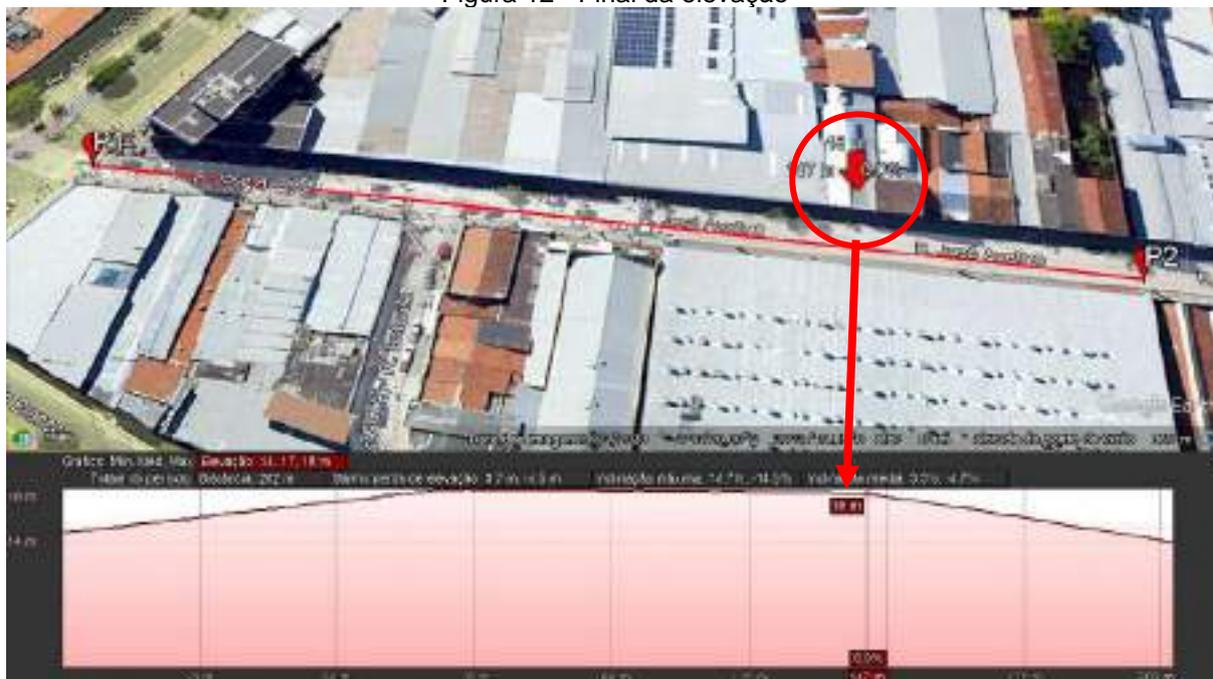
Ainda se observa pelas Figuras 11 e 12 uma elevação de 18 metros aos 67 metros do trecho que se prolonga até aos 147 metros.

Figura 11 - Ponto de início de elevação



Fonte: Google Earth, 2022.

Figura 12 - Final da elevação



Fonte: Google Earth, 2022.

Por fim a Figura 13 mostra o perfil de elevação do trecho ao todo.

Figura 13 - Elevação ao longo do trecho



Fonte: Google Earth

Logo, pode-se confirmar que a Rua José Avelino possui uma elevação menor nos dois extremos do trecho demarcado para estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da visita a rua Jose Avelino, por meio dos dados coletados é possível identificar os pontos críticos que possibilitam o alagamento da via. A pesquisa apresentou os resultados a seguir discriminados:

4.1 BOCA DE LOBO

De acordo com Tucci (2001), as bocas de lobos devem ser posicionadas a fim de conduzir adequadamente o escoamento superficial para as galerias. São necessários colocar nos pontos mais baixos do sistema viário urbano bocas de lobo com visitas a evitar a criação de zonas mortas com alagamentos e águas paradas. As bocas coletoras podem ser classificadas em três grupos principais: bocas ou ralos de guias; ralos de sarjetas (grelhas); ralos combinados.

Ao percorrer o trecho destacado de estudo, foram encontradas ao total 7 bocas de lobo. A Figura 14 expõe o trecho percorrido para estudo da via, sendo possível identificar onde cada boca de lobo se dispõe.

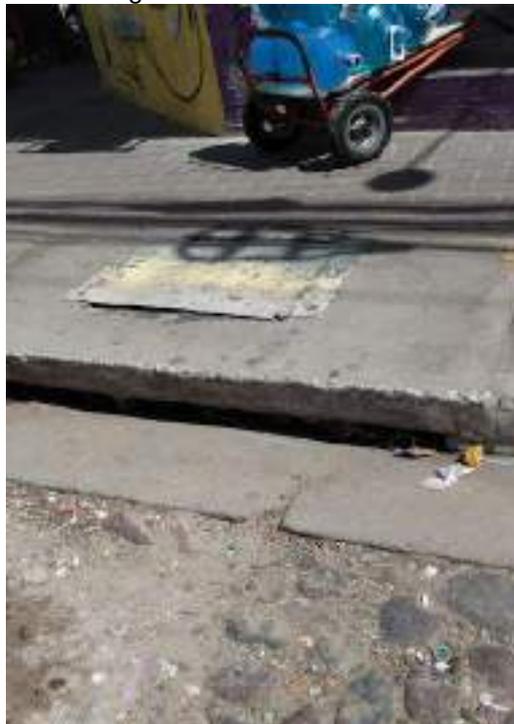
Figura 14 - Localização das bocas de lobo



Fonte: Google Earth, 2022.

Onde ao serem observadas, nota-se a ausência de grelha e depressão de escoamento, como mostra as Figuras 15, 16, 17, 18 e 19.

Figura 15 - Boca de lobo 1



Fonte: próprio autor, 2022.

Figura 16 - Boca de lobo 2



Fonte: próprio autor, 2022.

Figura 17 - Boca de lobo 3



Fonte: próprio autor, 2022.

Figura 18 - Boca de lobo 4 e 5



Fonte: próprio autor, 2022.

Figura 19 - Boca de lobo 6 e 7



Fonte: próprio autor, 2022.

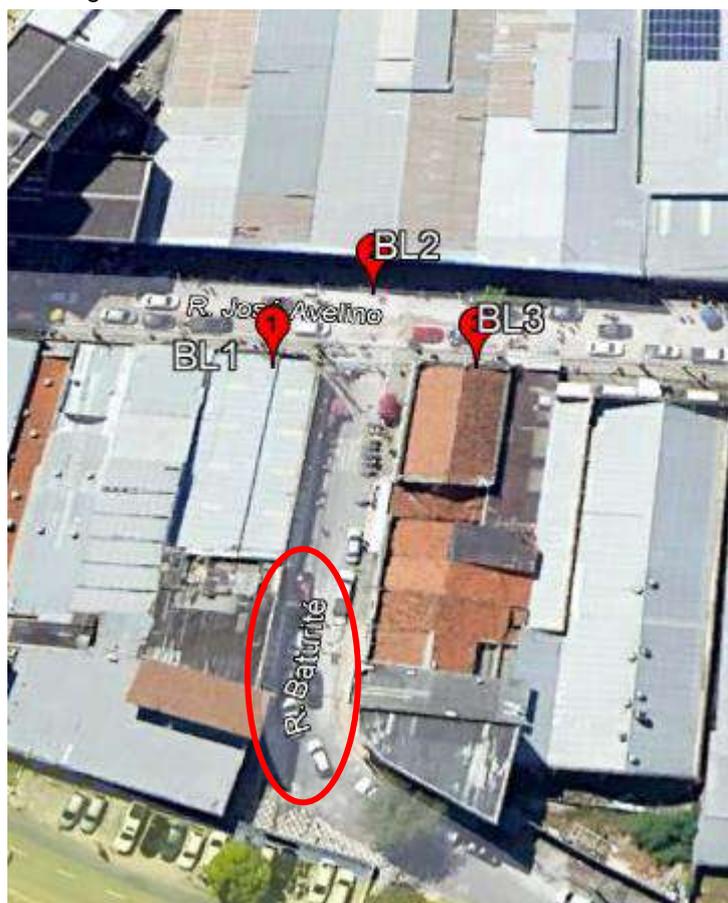
Pode-se observar a quantidade de resíduos sólidos obstruindo a entrada das bocas de lobos onde provavelmente irá dificultar o escoamento de água pluvial.

O autor Tucci, cita algumas recomendações a serem seguidas na hora de implementar as bocas de lobos.

- a. Serão locadas em ambos os lados da rua, quando a saturação da sarjeta o requerer ou quando forem ultrapassadas as suas capacidades de engolimento;
- b. Serão locadas nos pontos baixo da quadra;
- c. Recomenda-se adotar um espaçamento máximo de 60 metros entre as bocas de lobo, caso não seja analisada a capacidade de escoamento da sarjeta;
- d. A melhor solução para a instalação de bocas de lobo é em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, juntos às esquinas;
- e. Não é conveniente a sua localização junto ao vértice de ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes pelos seguintes motivos: os pedestres para cruzarem uma rua, teriam que saltar a torrente num trecho de máxima vazão superficial, as torrentes convergentes pelas diferentes sarjetas teriam como resultante um escoamento de velocidade em sentido contrário ao da afluência para o interior da boca de lobo.

Se observa que as bocas de lobos 4 e 5 (BL4 e BL5), assim como 6 e 7 (BL6 e BL7) são duplas, como mostra as Figuras 18 e 19, e as mesmas estão uma de frente para outra (Figura 14), como recomenda Tucci.

Figura 20 - Boca de lobo a montante do cruzamento



Fonte: Google Earth, 2022.

Observa-se pela Figura 20 que a boca de lobo 1 (BL1) está locada a montante do cruzamento, a boca de lobo 3 (BL3) posiciona-se depois do cruzamento e a boca de lobo 2 (BL2) localiza-se em frente a descida da rua de acesso Baturité.

A medida fornecida pela ferramenta do Google Earth, calcula o espaçamento entre BL1 e BL3 de 24 metros como mostra Figura 21.

Figura 21 - Espaçamento de BL1 para BL3



Fonte: Google Earth, 2022.

A distância de BL3 para BL6 e BL7 de 63 metros conforme Figura 22.

Figura 22 - Espaçamento de BL3 para BL6 e BL7



Fonte: Google Earth, 2022.

E a distância de BL2 para BL4 e BL5 de 77 metros conforme Figura 23. Vale ressaltar que a recomendação do autor Tucci é de no máximo 60 metros de espaçamento entre elas, quando não verificada a capacidade de escoamento da sarjeta.

Figura 23 - Espaçamento de BL2 para BL4 e BL5



Fonte: Google Earth, 2022.

A Rua Baturité oferece acesso à Rua Jose Avelino, na qual seu início é pela Avenida Leste Oeste que fica a 21 metros de elevação ao nível do mar e término na Rua José Avelino, onde a elevação do ponto de conexão entre as duas ruas mede 18 metros. Devido a diferença de elevação de 3 metros a Rua Baturité é uma descida com curva para a direita. Dito isso, o fluxo de água proveniente de chuva que percorre a Avenida Leste Oeste, quando passa pela Rua Baturité desce em direção à Rua José Avelino, conforme indica a Figura 24.

Figura 24 - Acesso da Rua Baturité



Fonte: Google Earth

Como mencionado anteriormente, no ponto de encontro da rua Baturité com a Rua José Avelino dispõem-se de uma boca de lobo (BL2), que desempenha o papel de recolher a água não só pertencente a José Avelino como também que provém do escoamento da Avenida Leste Oeste. Porém com o acúmulo de resíduos sólidos na abertura da boca de lobo (BL2), o fluxo de água tem dificuldade em escoar para as tubulações.

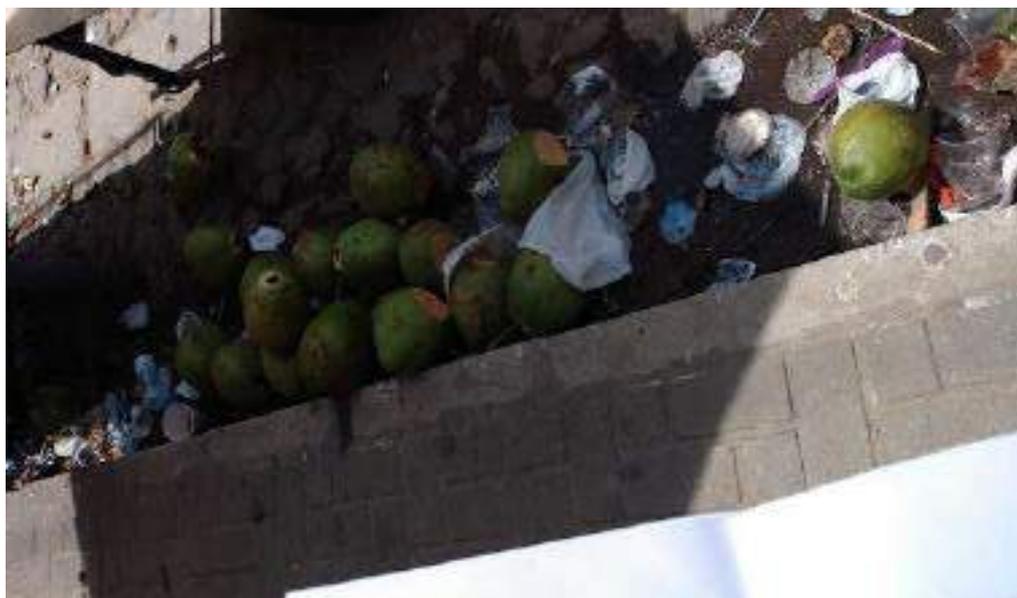
4.2 REDUÇÃO DA CAPACIDADE DE ESCOAMENTO

Segundo Tucci (2001), a capacidade de esgotamento das bocas de lobo é menor que a calculada devido a vários fatores, entre os quais é citado a obstrução causada por detritos.

É notório ao observar as Figuras 15 a 19, a obstrução das entradas de todas as bocas de lobos pelos resíduos sólidos que estão presente na via. Atualmente o sistema de fluxo das águas está saturado tanto pelo assoreamento e entupimento dos canais e galerias por resíduos de toda ordem, como, pelo aumento do fluxo decorrente da grande impermeabilização do solo. Esses dois fatores de acordo com SANTOS (2017), contribuem diretamente para o aumento de alagamentos.

Vale ressaltar que os lixos encontrados não estão localizados apenas no entorno das bocas de lobo. Estes resíduos estão dispostos por toda via, aglomerados nas extensões das sarjetas por todo o trecho. As Figuras 25, 26 e 27 evidenciam os relatos observados.

Figura 25 - Resíduos sólidos na Rua José Avelino



Fonte: próprio autor, 2022.

Figura 26 - Resíduos na calçada da Rua José Avelino



Fonte: próprio autor, 2022.

Figura 27 - Resíduos na sarjeta da Rua José Avelino



Fonte: próprio autor, 2022.

A capacidade de descarga das sarjetas depende de sua declividade, rugosidade e forma. Tucci afirma que ao ser calculada a sua capacidade na teoria, multiplica-se o seu valor por um fator de redução que leva em conta a possibilidade de obstrução de sarjetas de pequena declividade por sedimentos. Na Tabela 2 são apresentados valores de recomendação de fator de redução.

Tabela 2 - Fatores de redução de escoamento das sarjetas

Declividade da sarjeta %	Fator de redução
0,4	0,50
1 - 3	0,80
5,0	0,50
6,0	0,40
8,0	0,27
10	0,20

Fonte: DAEE/CETESB, 1980

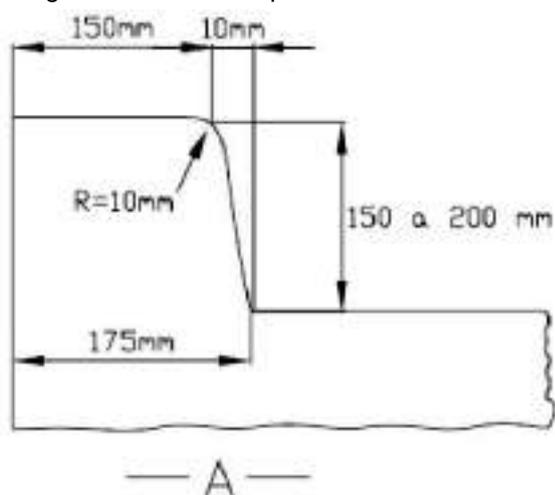
De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT, 2010), as sarjetas devem ser previstas junto aos meios-fios, como parte do sistema de drenagem da via. De um modo geral, têm largura de 0,30 a 0,60 m, com inclinação de 5% a 8% para aumentar a sua capacidade hidráulica. Normalmente, não é conveniente projetá-las para conter todo o fluxo da drenagem, sabendo que algum excesso de fluxo ocupará a pista de rolamento e deve ser mantido dentro de limites razoáveis.

Conforme a norma IPR-740 do DNIT, os meios-fios de um modo geral podem ser de dois tipos:

Meios-fios intransponíveis: são os que apresentam uma face vertical ou proximamente vertical, projetados para evitar ou pelo menos desencorajar os veículos a sair da pista.

Meios-fios transponíveis: são os que apresentam uma face inclinada do lado da via, projetados de maneira a permitir que os veículos os transponham facilmente em caso de necessidade.

Figura 28 - Corte esquemático do meio fio



Fonte: norma IPR -740/DNIT, 1974.

Conforme indicado na Figura 28, meios-fios intransponíveis geralmente têm altura de 150 a 200 mm. Ao medir a altura do meio fio da Rua José Avelino nota-se pela Figura 29, a altura de aproximadamente 15,7 centímetros ou 157 milímetros. Ainda que se enquadre na norma, essa altura é a mínima indicada. Tendo em vista que a medição só foi realizada em um ponto da via, não é possível confirmar se essa dimensão é a mesma em toda extensão da rua.

Figura 29 - Altura do meio fio da Rua José Avelino



Fonte: próprio autor, 2022.

4.3 TOPOGRAFIA DA REGIÃO

É caracterizado pela Figura 30, a Rua José Avelino está localizada na costa de Fortaleza, no qual o relevo é de planície litorânea. A distância para praia do Poço da Draga, a praia mais próxima do ponto de estudo, é de aproximadamente 543 metros.

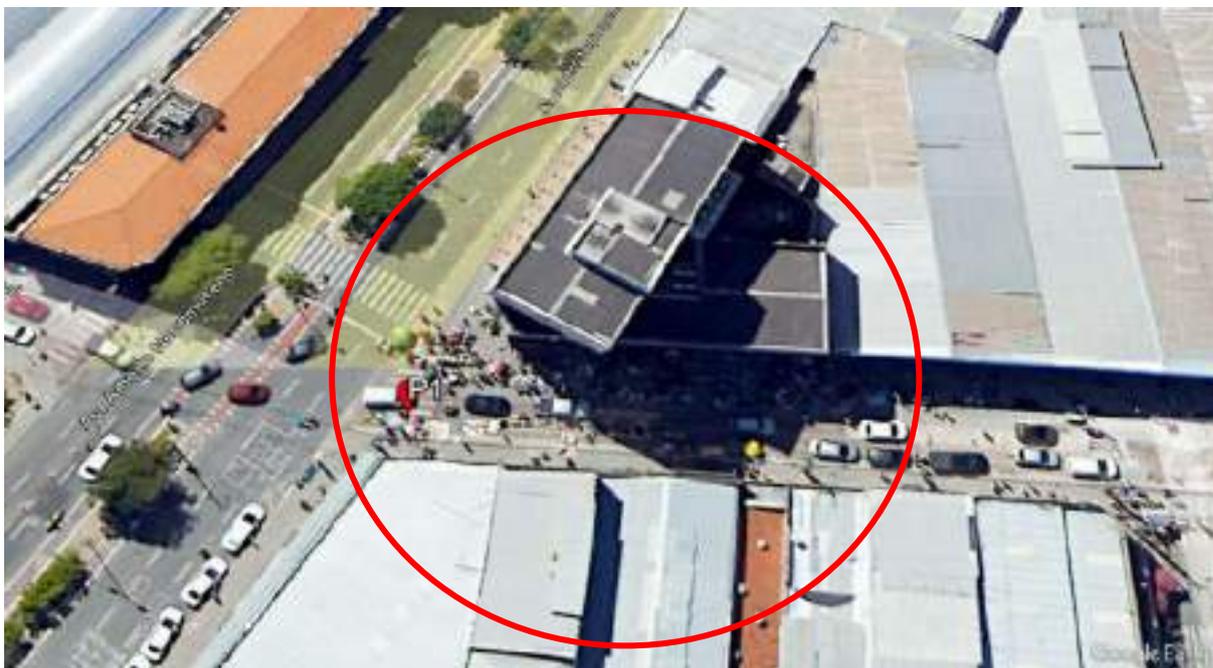
Figura 30 - Localização da Rua José Avelino



Fonte: Google Earth, 2022.

A Figura 31 tem a finalidade de indicar o espaço que possui maior movimentação de transeuntes. A figura aponta o início da Rua José Avelino e a esquina da Avenida Alberto Nepomuceno. Muitos cidadãos que comparecem a rua, transitam por essa entrada, pois ela é de fácil acesso.

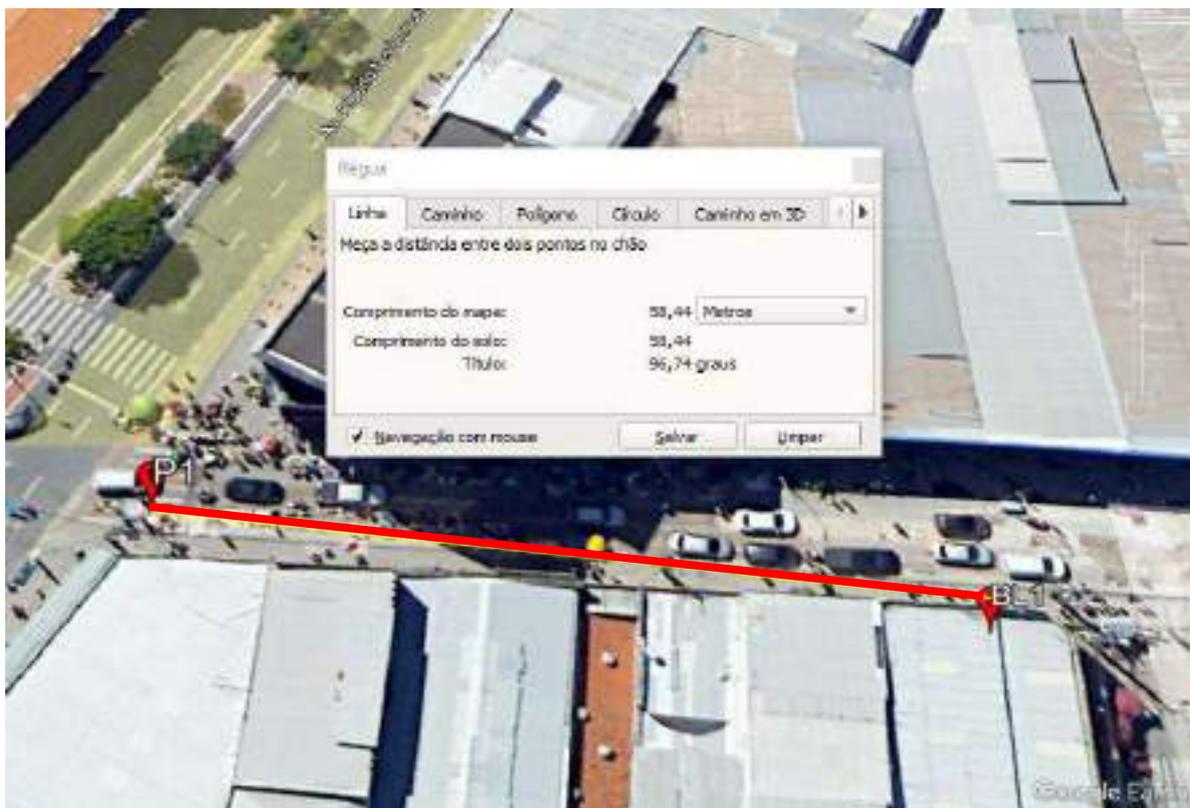
Figura 31 - Indicador do ponto de maior movimentação da via



Fonte: Google Earth, 2022.

Vale ressaltar, já citado anteriormente e observado pela Figura 10, a elevação demarcada nesse ponto é de 15 metros. Ou seja, o círculo vermelho incide-se em P1, em um dos extremos do trecho de estudo, logo é válido dizer que o aglomerado de pessoas produzindo resíduos sólidos, juntamente com o ponto de menor elevação se enquadra como fator causador de alagamento. Salienta-se a distância de P1 para a boca de lobo mais próxima, BL1, observado pela Figura 32, sendo de 58,44 metros.

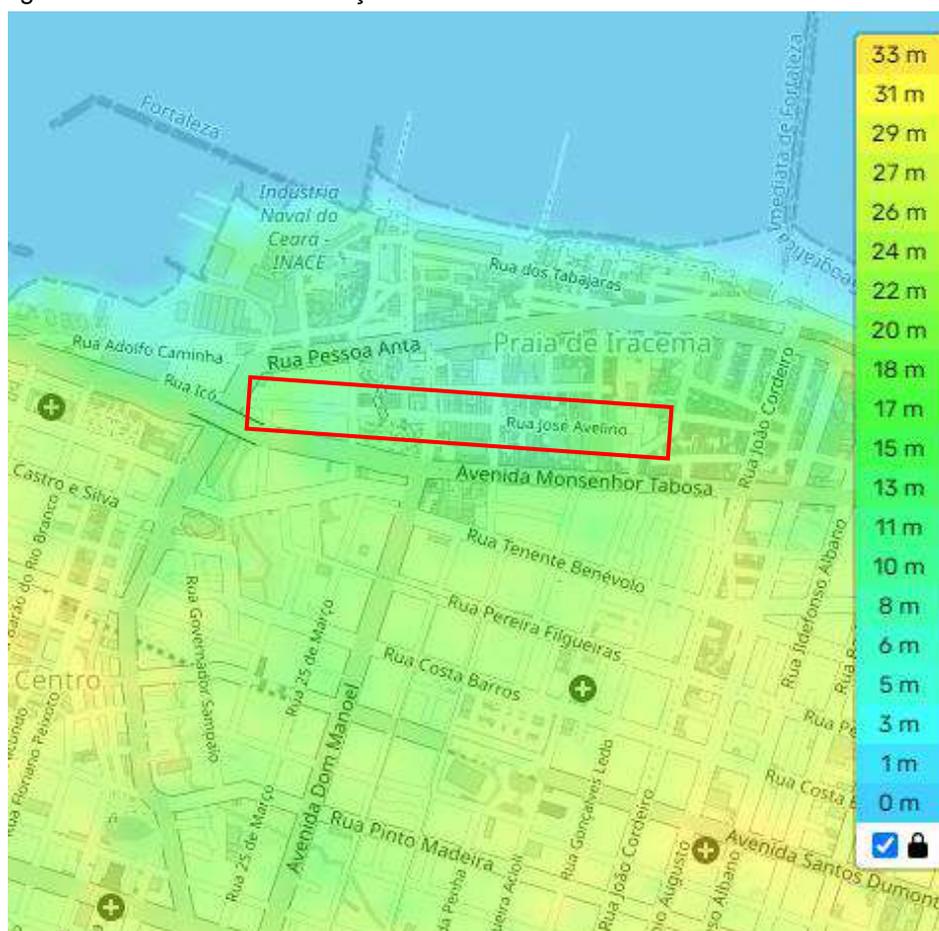
Figura 32 - Distância de P1 para BL1



Fonte: Google Earth, 2022.

Com base nos dados retirados da ferramenta TessaDEM, onde uma representação gráfica de computador 3D de dados de elevação para representar terreno é gerada, a Rua José Avelino está demarcada por uma cor com tonalidade esverdeada, indicando uma cota não tão elevada, estimado entre 10 e 13 metros, a Figura 33 aponta as afirmações descritas.

Figura 33 - Indicador de elevação da Rua José Avelino na ferramenta TessaDEM



Fonte: pt-br.topographic-map.com, 2022

A Figura 34 sinaliza com maior amplitude as elevações dos bairros do entorno da rua de estudo. Verifica-se novamente que o ponto de estudo se posiciona na coloração esverdeada, e as ruas das imediações indicam coloração verde e amarela, no qual aponta que o terreno possui uma descendência.

É importante citar em Tucci (2001), o escoamento superficial é impulsionado pela gravidade para as cotas mais baixas, vencendo o atrito com a superfície do solo. O escoamento superficial manifesta-se inicialmente na forma de pequenas faixas de água que se moldam ao micro relevo do solo. A erosão de partículas de solo pelos filetes em seus trajetos, aliada à topografia preexistente, por sua vez molda uma micro rede de drenagem instantânea que converge para a rede de curso de água mais estável, formada por arroios e rios. A presença de vegetação na superfície do solo contribui para obstaculizar o escoamento superficial, favorecendo a infiltração em percurso, além de reduzir a energia cinética de impacto das gotas de chuva no solo, minimizando a erosão.

Figura 34 - Localização da Rua José Avelino na ferramenta TessaDEM



Fonte: pt-br.topographic-map.com, 2022

4.4 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

As medidas de controle de inundações são classificadas em medidas não estruturais e medidas estruturais. As medidas não estruturais utilizam práticas legais e seguras, segundo Tucci, estas podem ser associadas em: regulamentação do uso da terra, construções à prova de enchentes, seguro de enchente, previsão e alerta de inundação. A combinação destas medidas permite reduzir os impactos das cheias e melhorar o planejamento da ocupação da várzea.

A medida estrutural utiliza-se de obras que permitam evitar que as inundações ocorram, como diques, barragens, canalizações, entre outras. Esta pode criar uma falsa sensação de segurança, permitindo a ampliação da ocupação das áreas inundáveis, que futuramente podem resultar em danos significativos. As medidas não estruturais, em conjunto com as anteriores ou sem essas, podem minimizar significativamente os prejuízos com um custo menor. O custo de proteção de uma área inundável por medidas estruturais, em geral, é superior ao de medidas não estruturais. (TUCCI, 2001, p 629).

De acordo com Tucci (2012), na drenagem urbana existem dois cenários fundamentais: (a) para áreas ainda não construídas são usadas medidas não estruturais, como a legislação, a fiscalização, o controle e os mecanismos de incentivos econômicos; (b) para as áreas já construídas são utilizadas medidas estruturais que priorizam o amortecimento do escoamento na fonte ou na macrodrenagem. Na drenagem urbana, as medidas sustentáveis de controle tratam de reter o escoamento na fonte, no loteamento ou na macrodrenagem por meio de infiltração ou armazenamento. Dessa forma, evita-se a transferência para jusante dos impactos. Para que essas medidas sejam adotadas, são necessárias legislações municipais que contenham o aumento do escoamento.

A varrição da Rua José Avelino tem o propósito de evitar que os resíduos, principalmente do sistema viários sejam carregados para a rede de drenagem e atinjam o corpo receptor. Atualmente a prefeitura de Fortaleza fornece profissionais que exercem tal função todos os dias pela manhã, entre o horário de 09:00 e 10:00, e pela tarde entre 14:00 e 15:00 para realizar o serviço. Na visita realizada no dia 23 de setembro de 2022, foi registrado por fotografia, conforme Figura 35, um profissional da Prefeitura Municipal de Fortaleza varrendo a rua José Avelino.

Figura 35 - Profissional da Prefeitura realizando a varrição na Rua José Avelino



Fonte: próprio autor, 2022.

Ainda que se possua uma varrição regular diária de resíduos, é necessário administrar uma coleta periódica de resíduos com caminhão compactador de lixo, pois estes carecem ser depositados em locais devidamente apropriados e tratados se for o caso de resíduos hospitalares, ou serem reciclados para o caso de materiais não orgânicos.

A empresa Marquise Ambiental, juntamente com a Prefeitura de Fortaleza, são responsáveis por realizar as coletas de resíduos pela cidade. No site da Marquise Ambiental, dispõem-se do horário e dia que o caminhão de coleta passa. Sabe-se que os dias para os bairros Centro e Praia de Iracema são segundas, quartas e sextas a partir das 19 horas. É importante ressaltar que os dias que ocorrem a “Feira da Madrugada” são quarta-feira e sábado, logo as manhãs dos dias posteriores a feira, estão com maior acúmulo de poluição produzida pelos frequentadores do comércio.

Figura 36 - Calendário de coleta



Fonte: marquiseambiental.com.br, 2022

No dia 03 de dezembro de 2022, realizou-se outra visita a campo, essa para observar o movimento da via em temporada de festas comemorativas do final do ano. Nessa época o movimento de pessoas tende a subir, provocando uma maior poluição de sólidos e desorganização entre a passagem de veículos e os pedestres como demonstra a Figura 37.

Figura 37 - Fluxo de movimento na Rua José Avelino



Fonte: próprio autor, 2022.

5 CONCLUSÃO

Com base nos dados levantados do estudo das causas dos alagamentos da Rua José Avelino, foi constatado que há a necessidade de intervenção do estado para que ocorra uma melhora não só na vida dos comerciantes que trabalham diariamente na rua, igualmente a todos os transeuntes que frequentam a via. Analisando os motivos abordados, percebe-se que as soluções para tais problemas não possuem complexidade de execução, porém desde 10 de dezembro de 2012, a pavimentação desta via é tombada pelo Decreto Municipal nº 13.035. Embora a decisão legal esteja baseada no contexto histórico e simbólico que a via proporcionou para a cidade de Fortaleza, ainda sim ocorre degradações e mal zelo por parte da população, seja com o acúmulo de lixo ou qualquer alteração do ambiente, interferindo na preservação do bem da via.

É importante realizar medidas não estruturais, porém muita das vezes a solução através de medidas não estruturais gera maior resultado. Possivelmente com trabalho de conscientização sobre a relevância de não jogar resíduos sólidos na via através da educação ambiental e aumentar a frequência com que o caminhão compactador de lixo transita, podem ser soluções que reduzem eficientemente os problemas de alagamento. Outra solução, essa com intervenção do Estado, seria realizar obras que atuam diretamente na redução de problemas causadores de alagamentos e geram melhorias no bem-estar da população. Ainda que a pavimentação da via não possa ser alterada devido ao tombamento, futuramente permitir um estudo sobre a viabilidade de haver a transferência do revestimento de pedras da rua por pavimento permeáveis, a fim de manter a função de permeabilidade e retenção de sedimentos em direção ao curso d'água.

REFERÊNCIAS

ALVARADO, Caroll; RAZEK, Raja; ALMASY, Steve. EUA: Incêndios se alastram pelo Colorado e causam evacuação de milhares. **CNNBrasil**, 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/eua-incendios-se-alastram-pelo-colorado-e-causam-evacuacao-de-milhares/>. Acesso em: 22 jul. 2022

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico na Idade Média**. Disponível em: <https://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-na-idade-media/> Acesso em: 11 jun. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas**. Rio de Janeiro, 2010. 392p.

FORTALEZA. Drenagem E Manejo das Águas Pluviais do município de Fortaleza. **Prefeitura Municipal de Fortaleza**, p. 232, 2015.

FERNANDES, Luciana Marques Gomes Lopes, **Levantamento de Técnicas de Sistemas de Drenagem Sustentáveis Aplicáveis em Pontos Críticos de Alagamentos Identificados na Cidade de Fortaleza**.CE.2017

HOLLINGSWORTH, Julia. Chuvas e inundações deixam pelo menos 15 mortos na China. **CNNBrasil**, 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/chuvas-e-inundacoes-deixam-pelo-menos-15-mortos-na-china/>. Acesso em: 22 jul. 2022.

LEI COMPLEMENTAR N° 236, DE 11 DE AGOSTO DE 2017. Estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no Município. **Diário Oficial do Município**, Fortaleza, 11 de agosto de 2017.

MARCUZZO, F. F. N. Bacias Hidrográficas E Regiões Hidrográficas Do Brasil: Cálculo De Áreas, Diferenças E Considerações. **xxii simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, n. 51, p. 1–8, 2017.

MARQUISEAMBIENTAL. **Site da Marquise Ambiental**, 2022. CALENDÁRIO DE COLETA DOMICILIAR Disponível em: <https://www.marquiseambiental.com.br/>. Acesso em: 05 nov. 2022.

MIRANZI, Mário Alfredo Silveira et al. Compreendendo a história da saúde pública de 1870-1990. **Saúde Coletiva**, São Paulo, v. 7, n. 41, p. 157-162, 2010.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. A metodologia dos máximos de precipitação aplicada ao estudo de eventos extremos diários nos municípios de Crato, Fortaleza e Sobral-CE. **GeoTextos**, v. 13, n. 2, p. 135–160, 2017.

NOBRE, C. A. et al. **VULNERABILIDADES DAS MEGACIDADES BRASILEIRAS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO - RELATÓRIO FINAL**. São Paulo: [s.n.].

PBMC, 2016: Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Ribeiro, S.K., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 116p. ISBN: 978-85-285-0344-9

PHILLIP, R.; ANTON, B.; STEEN, P. V. D. **Kit de Treinamento SWITCH: gestão integrada das águas na cidade do futuro. Módulo 1. Planejamento estratégico: preparando-se para o futuro**. 1. ed. São Paulo: ICLEI Brasil, 2011. 53 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. Decreto nº 13.035, de 10 de dezembro de 2012. Dispõe sobre a proteção do Patrimônio Histórico-Cultural, através do tombamento da PAVIMENTAÇÃO DA RUA JOSÉ AVELINO, na forma que indica. <https://legislacao.pgm.fortaleza.ce.gov.br/images/c/c9/D-13035-2012.pdf>

ROSS, J. L. São Paulo: a cidade e as águas. In: CARLOS, F.; OLIVEIRA, A. U. (Org.). Geografia de São Paulo 2: a metrópole do séc. XXI. São Paulo: Contexto, 2004.

SOUZA, M. J. N. de. **Compartimentação Geoambiental do Ceará**. Ceará um novo olhar geográfico. Borzacchiello, J. et. al. Ed. Demócrito Rocha. Fortaleza. 2007. p. 131.

SNIS. Informações para Drenagem e o Manejo das Águas Pluviais Urbanas Drenagem e o Manejo das Águas Pluviais Urbanas. 2019.

TUCCI, C. E. M. 2008. **Águas Urbanas**. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 97–112.

TUCCI, C. E. M. 2001. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. Ed. Porto Alegre. Ed. Universidade/UFRGS: ABRH.

TUCCI, C. E. M.; MELLER, A. 2007. **Regulação das Águas Pluviais Urbanas**. Rega, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 75-89.

TUCCI, C. E. M. 2012. **Gestão da drenagem urbana**. DF: Brasília, CEPAL-IPEA, 48.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH), v. 7, n. 1, jan./mar. 2002.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. Inundações Urbanas da América do Sul. Porto Alegre: ABRH/GWP, 2003. Capítulo 2.

WEATHERSPARK. **Clima e condições meteorológicas médias em Fortaleza no ano todo.**

(WEATHERSPARK, [s.d.])

WASKOW, David; GERHOLDT, Rhys. Mudanças climáticas alarmantes: veja 5 grandes resultados do relatório do IPCC. **Wribrasil**, 2021. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/mudancas-climaticas-alarmantes-veja-5-grandes-resultados-do-relatorio-do-ipcc#:~:text=E%20o%20%C3%81rtico%20perdeu%20uma,rela%C3%A7%C3%A3o%20aos%20n%C3%ADveis%20pr%C3%A9%2Dindustriais>. Acesso em: 22 jul. 2022.