



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

JADSON BATISTA SOARES

**ÁREA DE RISCO A INUNDAÇÕES: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO
EMBOCA, NA CIDADE DE JARDIM DE PIRANHAS/RN**

PAU DOS FERROS – RN
2020

JADSON BATISTA SOARES

**ÁREA DE RISCO A INUNDAÇÕES: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO EMBOCA,
NA CIDADE DE JARDIM DE PIRANHAS/RN**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Banca Examinadora do curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal Rural do Semiárido em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Alex Pinheiro Feitosa

Coorientador: Prof.º Dr. Wesley de Oliveira Santos

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S676 Soares, Jadson Batista.
c Área de risco a inundações: Estudo de caso no
 bairro Emboca, na cidade de Jardim de
 Piranhas/RN / Jadson Batista Soares. - 2020.
 34 f. : il.

 Orientador: Alex Pinheiro Feitosa.
 Coorientador: Wesley de Oliveira Santos.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2020.

 1. Enchentes. 2. Barragem. 3. Mapa de risco.
I. Feitosa, Alex Pinheiro, orient. II. Santos,
Wesley de Oliveira, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JADSON BATISTA SOARES

**ÁREA DE RISCO A INUNDAÇÕES: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO EMBOCA,
NA CIDADE DE JARDIM DE PIRANHAS/RN**

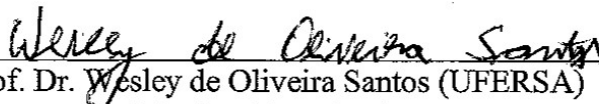
Trabalho de conclusão de curso apresentado à Banca Examinadora do curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Defendido em: 05/02/2020

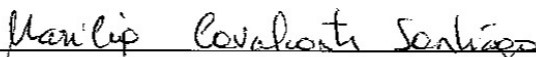
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Alex Pinheiro Feitosa (UFERSA)
Presidente



Prof. Dr. Wesley de Oliveira Santos (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. M.e. Marília Cavalcanti Santiago (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico a toda minha família e amigos, em especial a meu pai José Cardoso Soares, que apesar de todas as dificuldades sempre me incentivou a estudar e acreditar na concretização dos meus sonhos através dos estudos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à Deus, por ter proporcionado desde o início forças para continuar nessa jornada até o fim.

Ao meu orientador Professor Dr. Alex Pinheiro Feitosa e meu coorientador Professor Dr. Wesley de Oliveira Santos, pela disponibilidade e atenção durante a elaboração do trabalho.

À banca examinadora pela disponibilidade e colaborações feitas para a melhoria do trabalho.

Agradeço a toda a minha família, em especial aos meus pais José Cardoso Soares e Jacira Batista da Silva, e ao meu irmão Jalisson Batista Soares, obrigado pelo incentivo e sempre acreditar que eu era capaz.

Agradeço a meu primo, Jaciel Cardoso Silva, que colaborou com algumas informações para a criação deste trabalho.

Agradeço aos meus padrinhos Ana Maria Nogueira, e Alberto Araujo Gonçalves que durante toda a minha caminhada e nos momentos de dificuldades me ajudaram a superar, sempre me incentivando para continuar firme nos estudos.

Aos meus amigos e colegas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pelas experiências de vida proporcionadas.

À UFERSA e todo o corpo docente pelas contribuições para a minha formação acadêmica.

Agradeço a todos que de forma direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Meu muito obrigado a todos!

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda.”

(Paulo Freire)

RESUMO

A construção civil vem crescendo ao longo do tempo, trazendo consigo construções cada vez mais grandiosas e sofisticadas, que podem ser observadas nos grandes centros urbanos. Em contrapartida, esse crescimento acelerado pode dificultar o planejamento urbano, principalmente nos pequenos municípios, onde, na maioria das vezes não há um controle das construções executadas. A falta de planejamento na construção civil pode gerar inúmeros problemas, entre eles, as enchentes, comumente observadas no cotidiano. Posto isto, este trabalho buscar fazer uma análise de uma área no bairro Emboca, localizado no município de Jardim de Piranhas/RN, para identificar se as construções presentes no local correm riscos de ficarem alagadas. Inicialmente, foi realizado uma revisão bibliográfica, para o melhor entendimento do assunto. Seguindo, o levantamento de dados foi através de visitas em campo e por meio de sistemas computacionais, como a coleta de imagens. Com as informações obtidas, foi verificado que no local há problemas para o escoamento de águas pluviais. Além disso, foi elaborado um mapa de inundação, indicando possíveis locais que podem ser atingidos em resultante da repetição das precipitações pluviométricas acima da média, como a ocorrida em 2008. No final, notou-se que as dificuldades partem principalmente pela falta de planejamento urbano, gerando construções em áreas com esgoto a céu aberto, alta vegetação e a presença de resíduos sólidos, consequentemente, propícias a enchentes.

Palavras-chave: Enchentes; Barragem; Mapa de risco.

ABSTRACT

Civil construction has grown over time, bringing with it increasingly grand and sophisticated buildings, which can be seen in large urban centers. In contrast, this accelerated growth can hinder urban planning, especially in small municipalities, which most of the time there is no control over the constructions carried out. The exemption of planning in civil construction can generate innumerable problems, among them, the floods, commonly observed in the daily life. That said, this work seeks to make an analysis of an area in the Emboca neighborhood, located in the municipality of Jardim de Piranhas / RN, aiming to identify if the buildings present in the place are at risk of being flooded. Initially, a bibliographic review was carried out to better understand the subject. Then, the data collection was done through field visits and through computer systems, such as the collection of images. With the information obtained, it was verified that there are problems in the rainwater drainage. In addition, a flood map was drawn up, indicating possible locations that can be reached as a result of the repetition of above-average rainfall, such as that which occurred in 2008. In the end, it was noted that the difficulties stem mainly from the lack of urban planning, generating buildings in areas with open sewage, high vegetation and the presence of solid waste, consequently, conducive to flooding.

Keywords: Floods; Dam; Risk maps.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: QGIS	17
Figura 02: Software HEC-RAS.	18
Figura 03: Exemplo de Mapa de risco de inundação.....	19
Figura 04: Localização do município de Jardim de Piranhas/RN.	22
Figura 05: Delimitação da área de estudo.	22
Figura 06: Riacho do Saco em 2019.....	23
Figura 07: Riacho do Saco em 2011.....	23
Figura 08: Novas edificações nas proximidades do Riacho.	24
Figura 9: Fábrica Têxtil existente no local.	25
Figura 10: Condições encontradas na rua.	26
Figura 11: Vias principal e secundária da área de estudo.	27
Figura 12: Barragem nas proximidades da área de estudo.	28
Figura 13: Volume de água no Rio Piranhas nos anos de 2008 e 2019.	29
Figura 14: Hipótese da área inundada.	30
Figura 15: Exemplo de macha de inundação gerada pelo HEC-RAS.	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 DESASTRES NATURAIS.....	15
3.2 INUNDAÇÕES.....	15
3.3 PLANEJAMENTO URBANO	16
3.4 GEOPROCESSAMENTO	16
3.6 MAPAS DE INUNDAÇÃO	19
4. METODOLOGIA.....	21
4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E OBTENÇÃO DOS DADOS	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5.1 EDIFICAÇÕES PRESENTES NA ÁREA DE ESTUDO	25
5.2 CONDIÇÕES DE ESCOAMENTO.....	26
5.3 ROMPIMENTO DE BARRAGEM	27
5.4 POSSÍVEIS ÁREAS INUNDADAS	28
5.5 VALIDAÇÃO DA HIPÓTESE DA ÁREA INUNDADA.....	30
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

Durante anos, o crescimento populacional no planeta é perceptível. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a população global em 2017 era de 7,6 bilhões de habitantes, podendo chegar a 8,6 bilhões em 2030 (GUEVANE, ONU News NY, 2017). Este crescimento, traz consigo a transformação da natureza de forma acelerada, uma vez que a humanidade retira dela sua matéria prima, através de suas atividades. Historicamente, é sabido que, o crescimento das grandes cidades deu-se devido ao êxodo rural, quando o homem do campo passou a buscar nas grandes cidades uma melhor qualidade de vida. Nas últimas décadas o Brasil apresentou um aumento considerado em sua população, chegando a uma taxa de população urbana de 80%. Esse processo de urbanização acelerado no Brasil concebeu uma população urbana praticamente sem infraestrutura (TUCCI, 2015).

Assim, como resultado, podemos associar a falta de planejamento nas cidades ao crescimento de forma desordenada das cidades, ocasionando inúmeras construções irregulares em bairros mal estruturados, sem luz, água, saneamento básico, com risco de inundações, etc. Neste cenário, com o passar dos anos, inúmeros estudos foram realizados objetivando ordenar as cidades para o crescimento populacional.

Comumente, depara-se com notícias de áreas inundadas, consequência do crescimento desordenados das cidades. O Brasil é considerado uns dos países que mais sofrem com inundações e enchentes, registrando 94 desastres durante o período de 1960 a 2008, com 5.720 mortes e 15 milhões de pessoas afetadas (TOMINAGA, 2009).

As inundações em uma cidade, geralmente ocorridas em áreas ribeirinhas, ocorrem devido ao mau planejamento urbano, que promove graves problemas como infraestrutura, propagação de doenças, desabrigados, feridos e até mesmo mortos. Durante tempos chuvosos rotineiramente nos deparamos com notícias sobre alagamentos ocorridos nas grandes cidades do Brasil, como na capital mineira, Belo Horizonte, que sofre com os problemas de inundações no período chuvoso. Segundo Parreiras (2019), no ano de 2015 a capital de Minas Gerais, apresentava ricos de alagamento em 82 pontos, destacados pela carta de inundações de Belo Horizonte. Desses 82 pontos, em 2019 foram detectados na capital mineira 9 (nove) áreas de alto risco de inundações durante o período chuvoso. Segundo Araújo (2018), na capital mineira existem 89 áreas com risco de inundação, e as cenas de alagamentos e enchentes fazem parte do cotidiano a cada temporada de chuva.

No município em estudo, Jardim de Piranhas-RN, durante os anos de estiagem houve um crescimento acelerado, com construções residenciais e comerciais nas proximidades de um

Riacho, que despeja suas águas no Rio Piranhas. A ocupação de áreas ribeirinhas, conforme já citado, é um dos principais fatores que influenciam nas causas de inundações de áreas urbanas. Diante disso, as mudanças climáticas, juntamente com a falta de planejamento, podem ser consideradas as principais causas das inundações periodicamente ocorridas, destacando-se a relevância da elaboração deste trabalho. Para essa pesquisa, será realizado uma análise *in loco*, para caracterizar a área de estudo e identificar possíveis locais com riscos de inundações, além de verificar possíveis métodos e medidas corretivas que possam ser tomadas para evitar esses problemas.

Posto isto, a pesquisa tem como finalidade principal um visita *in loco*, almejando identificar, através de histórico do local e suas características, possíveis áreas com risco à alargamento, junto com a caracterização da área (quantidade de residências familiares, comerciais, lazer, etc.), por meio de coleta de informações em campo em conjunto com o auxílio de programas computacionais, como: Google Earth, AutoCAD, e QGIS.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Identificar as possíveis áreas de riscos de inundações na área estudada.

2.2 Objetivos específicos

- Mapear com o auxílio do Google Earth, o levantamento total de:
- Identificar as possíveis áreas que serão atingidas, em decorrência de precipitações pluviométricas acima da média voltem a ser registradas;
- Propor uma maneira de validação dos resultados, utilizando o software HEC-RAS, a respeito das áreas em risco, visando melhores tomadas de decisões para cessar o problema.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Desastres naturais

Os desastres naturais são causados pelos fenômenos da natureza que não podem ser evitados pelo homem. De acordo com Castros (2009), esses desastres naturais são gerados através de fenômenos e desequilíbrios da natureza, além de fatores externos que ocorrem com ou sem a ação do homem, ocasionado prejuízo para a humanidade, seja ele, material ou ambiental. Esses desastres vêm se tornando comum no cotidiano da população, mesmo para aquelas pessoas que não se encontram em áreas consideradas de riscos (SOUSA *et al.*; 2018).

3.2 Inundações

Segundo o Dicio¹, inundação é o “transbordamento das águas, cobrindo certa extensão do terreno”.

Para saber o risco de inundação de uma área é utilizada uma função, onde se relaciona a altura da lâmina média d’água que escoar em uma certa área, levando em conta a quantidade de pessoas vulneráveis as enchentes (Cabral *et al.*; 2016)

Ainda, segundo Oliveira *et al.* (2010), é de fundamental importância a realização de um mapeamento das áreas vulneráveis a inundação para um melhor entendimento sobre as enchentes, e assim, consequentemente, uma diminuição nos impactos derivados (*apud* Cabral *et al.*, 2016).

Ainda Cabral *et al.*; destacam que:

A integração entre modelos hidrológicos e/ou hidráulicos a Sistema de Informação Geográfica vem crescendo significativamente nos últimos anos, principalmente em mapeamentos de áreas de inundação, seja ela em áreas urbanas ou rurais, em virtude principalmente do potencial que essa ferramenta apresenta na integração de dados de tipos e formatos diferentes.

Neste contexto, para uma melhor compreensão sobre áreas vulneráveis a inundação a utilização de ferramentas como o geoprocessamento é indispensável, uma vez que, com ela é possível identificar, de forma mais simples através de simulações computacionais, áreas de riscos de uma determinada região.

¹ Dicionário online, disponível em:< <https://www.dicio.com.br/inundacao/>> Acesso em out. 2019.

3.3 Planejamento Urbano

De acordo com FONTOURA (2013), “o planejamento urbano é o conjunto de ferramentas que possibilita perceber a realidade, a fim de avaliar os caminhos para a construção de programas que visa aprimorar os aspectos de qualidade de vida atual e futura da população”.

O crescimento acelerado das cidades pode acarretar inúmeros problemas futuros nos locais habitados, uma vez que, na maioria das vezes, a necessidade de construir em um menor tempo em busca de suprir a demanda populacional pode motivar a falta de planejamento. Neste contexto, nota-se que o crescimento acelerado de fato acarreta inúmeros problemas, visto que, até em cidades planejadas, como Brasília, por exemplo, este impasse é preocupante para o uso e ocupação do solo, como citado abaixo.

O território do Distrito Federal cresceu 12,6% e uma perda de 29% de mata reflorestada, outro fator de degradação ambiental e o adensamento das ocupações residenciais nos limites das áreas de proteção ambiental, como o Parque Nacional de Brasília criado em 29 de novembro de 1961. Nos dias atuais, O Distrito Federal vive um caos associados ao adensamento populacional e a perda de cobertura vegetal do cerrado, e o caso da maior favela do Distrito Federal, o Condomínio Sol Nascente, segundo o Censo de 2010 do IBGE a região possui quase 57.000 moradores, só perde em população para a Rocinha, no Rio de Janeiro, com quase 70.000 habitantes, de acordo com o censo, a cidade não possui infraestrutura suficiente para a população, sem esgoto, sem segurança e sem saúde, os impactos ambientais são visíveis, quando chove a enxurrada varre o lixo que transborda para as casas e para o meio ambiente, pois este loteamento está em áreas de Proteção Ambiental (FONTOURA, 2013).

3.4 Geoprocessamento

O geoprocessamento é um instrumento de enorme relevância para elaboração de estudos de traços ambientais. Com imagens de satélites é possível estabelecer uma caracterização da superfície da região de estudo (JAKOBI, 2008).

O colunista do Portal INFORMÁTICA E TECNOLOGIA², cita o funcionamento do geoprocessamento da seguinte maneira:

O geoprocessamento utiliza técnicas computacionais e matemáticas para tratar as informações geográficas, vem influenciando áreas como a Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Planejamento Urbano e Regional e etc. Essas ferramentas computacionais são conhecidas como Sistemas de Informação Geográfica (GIS, sigla em inglês para SIG), esses sistemas

² Disponível em: <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/informatica/georreferenciamento-e-geoprocessamento/51022>. Acesso em out. 2019.

permitem a complexa análise desses dados, criando banco de dados georreferenciados.

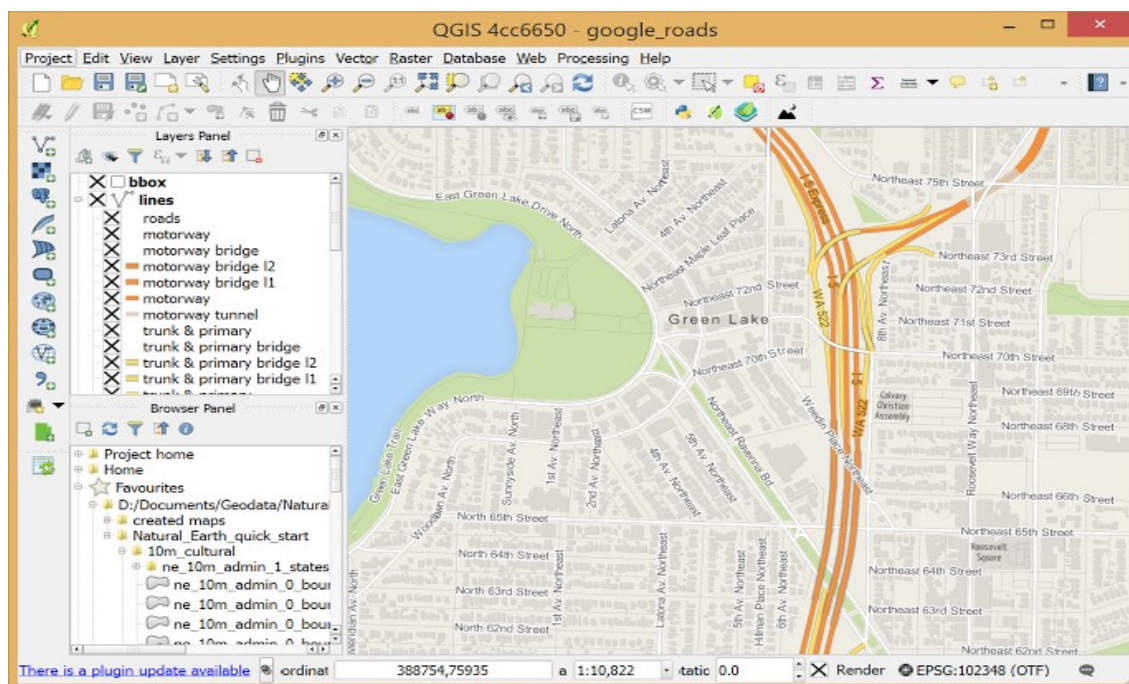
Posto isto, o geoprocessamento pode ser usado para traçar áreas de presente em regiões habitadas. Segundo Cerri (1999, Apud ANDRADE *et al.*; 2014), “para que haja uma situação de risco é necessário que haja possibilidade de ocorrência de um determinado evento, e que tal ocorrência possa resultar em perdas e danos.”

Neste enquadramento, com a ferramenta QGIS, é possível elaboração de um mapa de risco de inundação, podendo contribuir para um eficiente planejamento da ocupação na área de estudo.

Cabral *et al.* (2016), apresentaram um estudo de caso aplicando os programas HEC-HMS, HEC-RAS e Geo-RAS, ferramentas que foram utilizadas de maneira integrada, para determinar áreas inundadas da bacia do Rio Granjeiro no município do Crato no Ceará, para uma cheia ocasionada por uma chuva, com tempo de retorno de 100 anos, na cidade do Crato.

O Sistema de Informação Geográfica – SIG (Figura 01), é um software livre³ que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados (QGIS, 2019).

Figura 01: QGIS



Fonte: QGIS.org, (2019)⁴

Por se tratar de um software gratuito, os desenvolvedores são formados por voluntários. Os programadores contribuem com melhorias no código, correções de bugs,

³ Define-se Softwares Livres os que possuem seu código aberto para que a comunidade de programadores possa fazer alterações almejando a melhorias no programa, posteriormente, compartilhe com os demais usuários.

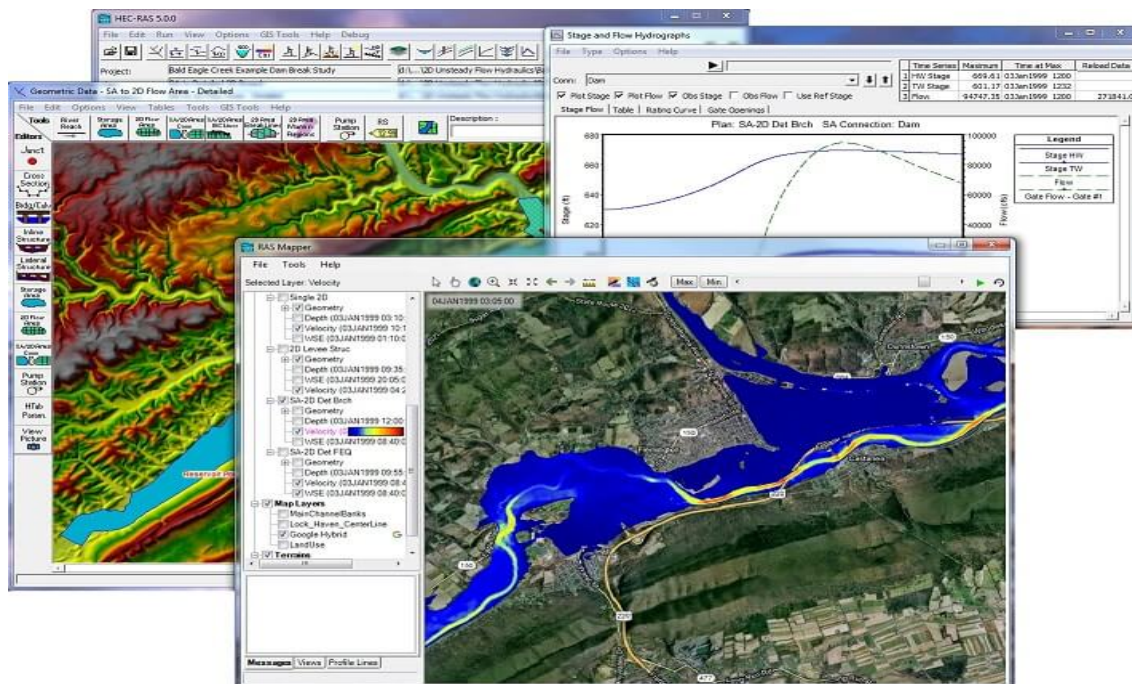
⁴ Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/about/index.html. Acesso em nov. 2019.

relatórios de bugs, contribuições com documentação, promoção e apoio a outros usuários (QGIS, 2019).

De acordo com os desenvolvedores do software, o QGIS oferece várias ferramentas em constantes aperfeiçoamentos. Ainda segundo os criadores, o QGIS é ideal para visualizar, gerir, editar, analisar dados, e criar mapas para impressão (QGIS, 2019).

O HEC-RAS (Figura 02), é um software de modelagem de sistemas hidráulicos e água, que sua sigla significa Sistema de Análises de Rios do Corpo de Engenharia do Exército Norte Americano (HEC-RAS). Por meio deste software, com os dados histórico de vazões, os usuários são capazes de realizar análises sobre escoamento permanente e não permanente, disponibilizando informações bastantes precisas em cada tipo de previsão (GEOeduc, 2011).

Figura 02: Software HEC-RAS.



Fonte: HEC-RAS, (2019)⁵.

O *U.S. Army Corps of Engineers*⁷ (Corpo de Engenharia do Exército Norte Americano), explica que o software permite que o usuário possa realizar fluxos constantes unidimensional, além de possibilitar a execução de cálculos de fluxo instáveis unidimensionais e bidimensionais, qualidade da água, transporte de sedimentos e modelagem da temperatura.

⁵ Disponível em: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>. Acesso em nov. 2019.

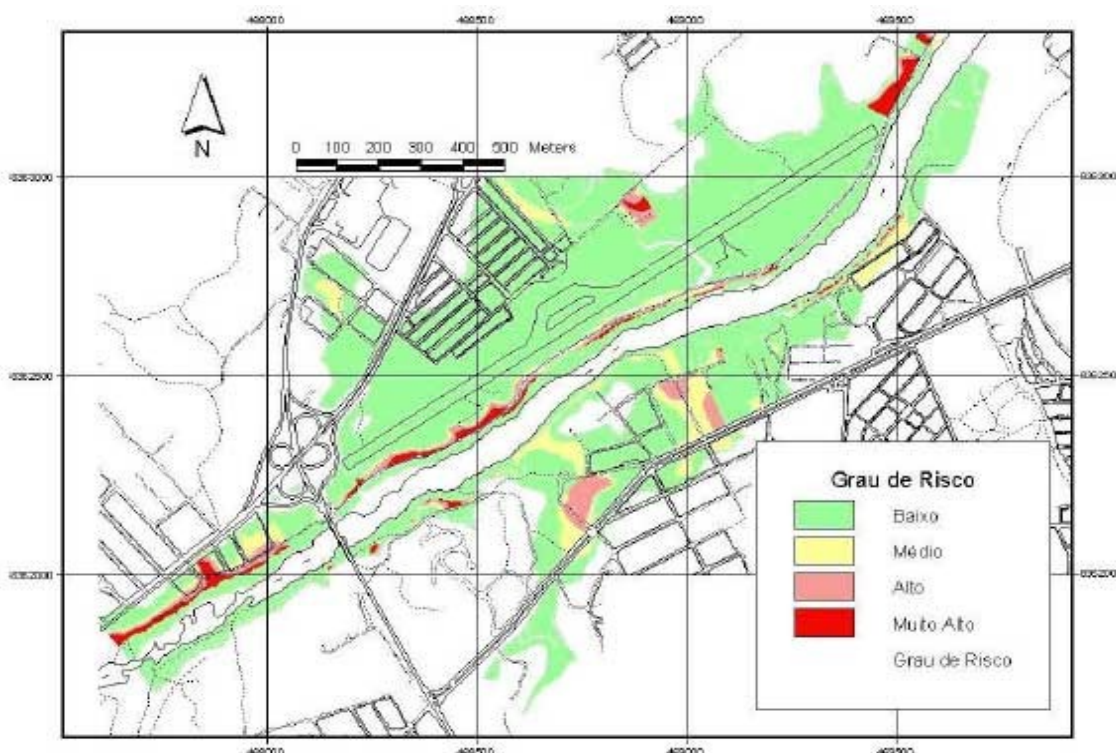
Colucci (2019), destaca algumas vantagens do software, entre elas, sua licença gratuita, possibilitando que estudantes de engenharia possam ter acesso mais fácil ao software. Outra vantagem destaca é que o HEC-RAS apresenta precisão em seus resultados, além de sua interação com outros softwares utilizados na engenharia para análise GIS, como ArcGIS e o AutoCAD CIVIL 3D, facilitando a elaboração de mapas de inundação.

Nas desvantagens do software, temos que em sua versão 4.1 trabalha apenas com modelo unidimensional e de escoamento, afetando negativamente a simulação em casos que no escoamento há transbordamento da água para fora da calha que representa o rio.

3.6 Mapas de inundação

Mapas de inundação (Figura 03) pode ser considerado como uma apresentação gráfica identificando áreas com riscos para uma população. Estas apresentações gráficas são comumente utilizadas em estudos relacionados à saúde da população de uma cidade, identificando áreas com riscos de epidemias (Oddone *et al*; 1986 apud Jakobi, 2008).

Figura 03: Exemplo de Mapa de risco de inundação.



Fonte: HORA et al; (2009).

A elaboração de mapas para identificar áreas de riscos a inundações torna-se um meio muito eficaz e poderoso para a diminuição e o controle de desastres provenientes das inundações (Enomoto, 2004). Segundo Andjelkovic (2001), os mapas de riscos se tornam essenciais, uma vez que, com eles é possível alertar a população das possíveis áreas de riscos a inundações, antes de iniciar as construções, seja ela residencial ou comercial, além de servir como ferramenta de auxílio para os órgãos responsáveis da região.

Em seu trabalho, Goerl et al (2012), destacam que os mapas de risco são essenciais para a identificação de áreas que correm risco a inundações, tornando-se uma ferramenta poderosa para a prevenção de inundações em áreas de municípios, principalmente em pequenos municípios onde a falta de recursos econômicos é um fator que dificulta a utilização de sistemas mais sofisticados, como o de sistemas de alerta.

Enomoto (2009), explica que os mapas normalmente são gerados através de ferramentas de geoprocessamento, capazes de agrupar inúmeros dados como arruamento, vegetação e hidrografia, por exemplo.

Para Tucci *et al.* (2003), os mapas de inundações são divididos em dois tipos, planejamento e alerta. No mapa de planejamento são definidas as áreas atingidas por cheias em tempos de retorno definidos. O mapa de alerta serve como acompanhamento da evolução da enchente por meio de observações dos pontos de controle, onde o nível da régua indica o início da inundações.

A elaboração de mapas de inundações é feita por meio de coleta de inúmeros dados obtidos da área de estudo. Dentre as informações necessárias, TUCCI *et al.* (2003), destaca:

- a) nivelamento da régua ao um zero absoluto;
- b) topografia do local de estudo;
- c) estudo de probabilidade de inundações na proximidade do local estudado;
- d) níveis de enchentes;
- e) seções batimétricas⁶ ao longo do rio;
- f) cadastramento de obstruções ao escoamento ao longo do trecho urbano.

Segundo Enomoto (2004), o grande problema na elaboração desses mapas no Brasil é a obtenção de dados, como dados topográficos, vazões para o período de retorno, uma vez que é demorada e muitas vezes são deficientes.

⁶ Técnica utilizada para mensurar a profundidade das massas de água (oceanos, mares, lagos etc.) para determinação da topografia do seu leito.

4. METODOLOGIA

A pesquisa busca desenvolver-se com caráter qualitativa e quantitativo, em conjunto, recolhendo mais informações do que se conseguiria isoladamente (Fonseca, 2002). De acordo com Gerhardt *et al.* (2009), as pesquisas do tipo qualitativas têm como características principais descrever, explicar e compreender a precisão das relações entre o global e o local em determinado fenômeno através da hierarquização das ações. Dessa forma, facilitando a compreensão e descrição dos possíveis problemas analisados em campo.

Para a elaboração deste trabalho, a princípio, foram coletadas imagens através do Google Earth e feito uma demarcação da área nas proximidades do Riacho do Saco para o estudo. Seguindo, delimitada a área de estudo foi praticada a visita em campo para o levantamento das características do local, além dos dados sobre as edificações construídas que, situam-se dentro da área selecionada para a análise. Feito isto, os dados coletados em campo sobre as informações das edificações, foram utilizados para alimentar a imagem coletada do Google Earth, com isso, obtendo a caracterização da área de estudo.

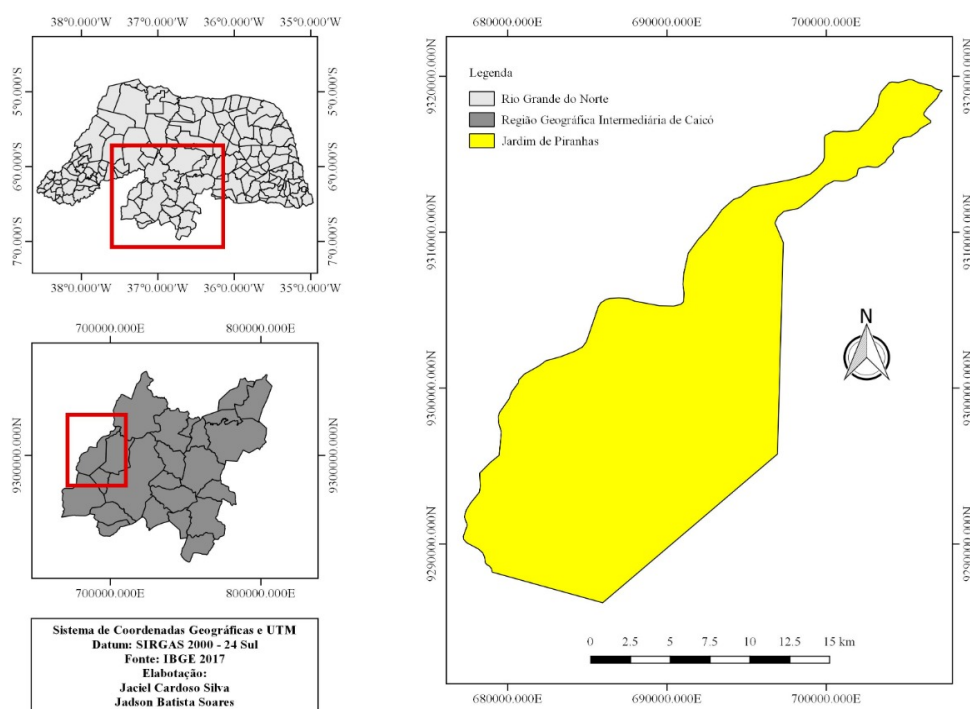
Posteriormente, com os dados de elevação obtidos pelo Google Earth, em conjunto com o AutoCAD, foi possível gerar um perfil de elevação do possível percurso de escoamento identificado no local.

Por fim, com as informações obtidas, foi possível identificadas as possíveis áreas que serão atingidas, em decorrência de precipitações pluviométricas acima da média voltem a ser registradas, e feito considerações sobre uma possível solução que deve ser tomada para validação dessa hipótese, servindo assim como base de informação para que medidas possam serem elaboradas pelos órgãos responsáveis.

4.1 Descrição da área de estudo e obtenção dos dados

Jardim de Piranhas/RN (Figura 4), é uma cidade localizada no estado do Rio Grande do Norte, banhada pelo Rio Piranhas. Situada na região Seridó, fica à aproximadamente 30 km da cidade de Caicó-RN e faz divisa com o estado da Paraíba. Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a cidade possui uma área territorial de 331 km², e uma população de 13.506 habitantes (Censo 2010), com estimava de população de 14.837 habitantes para o ano de 2019.

Figura 04: Localização do município de Jardim de Piranhas/RN.



Fonte: Autor, (Adaptado do IBGE, 2019).

O local de estudo, destacado pela poligonal alaranjada (Figura 05), é uma área próxima a um Riacho, que despeja suas águas no Rio Piranhas, onde, durante os anos de estiagem houve um crescimento acelerado, com construções residenciais e comerciais.

Figura 05: Delimitação da área de estudo.



Fonte: Autor, (Adaptado do Google Earth pro, 2019).

No local, é possível notar uma barragem, construída recentemente e utilizada para barrar as águas dos açudes que se encontram a montante. A barragem fica nas cercanias do percurso realizado pelas águas do Riacho, no qual, há um aumento em sua vazão no período chuvoso (Figuras 06 e 07).

Figura 06: Riacho do Saco em 2019.



Fonte: Autor, (2019).

Figura 07: Riacho do Saco em 2011.



Fonte: Autor, (2011).

Apesar de não ser possível verificar por meio de imagens do ano de 2008, o Riacho apresentou um volume de água muito alto, chegando onde hoje encontra-se as novas edificações do bairro (Figura 08).

Figura 08: Novas edificações nas proximidades do Riacho.



Fonte: Autor, (2019).

Como observado, as construções aproximam-se cada vez mais do fluxo de água natural do Riacho, posto que, a retomada das chuvas, por conseguinte, as cheias, poderá causar inundação nas áreas construídas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Edificações presentes na área de estudo

O levantamento de dados a respeito dos tipos de edificações, presentes na área definida para o estudo, teve como resultado o destacado a seguir pela Tabela 1.

Tabela 1: Dados do levantamento das edificações

Edificação	Classificação da edificação	Quantidade
Fábrica Têxtil	Privada	4
Depósito para gás de cozinha	Privada	1
Estamparia	Privada	2
Área de lazer	Privada	2
Residência	Familiar	22

Fonte: Autor, (2020).

A princípio, pode-se notar um número de fábricas têxteis considerado levando em conta o tamanho da área de amostra. As fábricas, juntamente com as estamparias constituem o principal fator econômico do município. Além disso, na possível área de risco à inundação é possível observar um grande número de residências familiares.

A fábrica têxtil (Figura 9) apresenta como matéria prima o fio de algodão, utilizado para criação de peças como pano de prato, redes, toalhas, entre outros. Durante a fabricação dessas peças são gerados resíduos, líquidos e solos, que na maioria das vezes, não possuem um tratamento adequado para seu descarte, sendo lançados à céu aberto, por consequência, tornando os resíduos sólidos em obstruções para o escoamento de águas pluviais.

Figura 9: Fábrica Têxtil existente no local.



Fonte: Autor, (2020).

5.2 Condições de escoamento

Durante o levantamento de dados, a falta de saneamento básico foi um dos problemas identificado na área de estudo, como pode ser visto nas Figuras 10 a e b.

Figura 10: Condições encontradas na rua.



(a) Esgoto a céu aberto

(b) Grande volume de vegetação na rua.

Fonte: Autor, (2019).

Problemas como o mostrado nas Figuras 10 a e b, além de acarretar doenças para os moradores da comunidade, dificulta diretamente o escoamento das águas pluviais. Dessa maneira, a falta de galerias para o escoamento de forma adequada dessas águas, somado com a elevação do nível das águas do Riacho, pode ser um fator crucial para a inundação da área.

A falta de sistema de escoamento urbano, detectada na vistoria em campo, é comumente encontrado nas cidades brasileiras, não ficando isentos os grandes centros urbanos, que sofrem com problemas inundações devido à falta de drenagem compatível. Desta maneira, com base em históricos de ocorrência de inundações no país, pode ser associado à falta de um sistema de escoamento ideal no local (Figuras 11 a e b). É um fator que deve ser analisado cuidadosamente, possibilitando, encontrar uma solução adequada para o problema.

Figura 11: Vias principal e secundária da área de estudo.



(a) Via principal de acesso ao Riacho. (b) Ramificação da via principal.

Fonte: Autor, (2020).

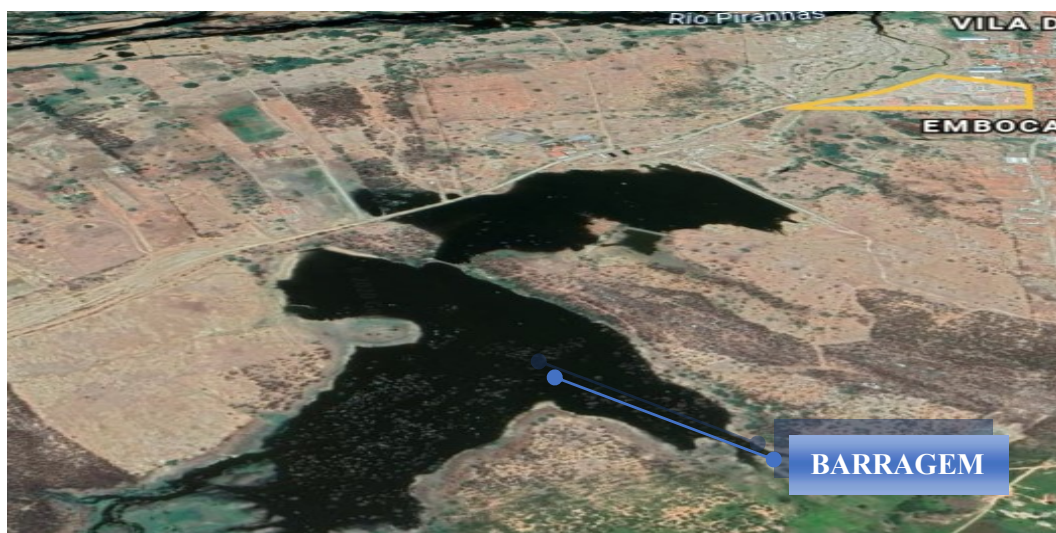
5.3 Rompimento de barragem

É sabido, que as inundações nas cidades são causadas através de grandes volumes de águas, na maioria das vezes provenientes de grandes precipitações pluviométricas, somado a falta ou ineficiência de sistema de captação e escoamento. Deste modo, o monitoramento desta variável é de fundamental importância.

Durante o levantamento das informações foi possível identificar que, no ano de 2012 ocorreu a construção de uma barragem nas redondezas do fluxo natural de água, percorrido pelo Riacho. Com isso, tem-se um aumento no risco a inundações das áreas de estudo, uma vez que, a vazão adicionada por meio do volume “doador” através do sistema para regularizar o volume da barragem em tempos de cheias (extravasor), ou até mesmo nos casos mais radicais, como o rompimento da barragem, aumentará consideravelmente o volume de água que escoará pelo trecho do Riacho.

O rompimento de uma barragem, permite uma repentina e descontrolada liberação de água represada, com altas vazões. Cannata e Marzochi (2012), identificaram que entre os anos de 2000 a 2009, mais de 200 falhas notáveis em barragens ocorreram no mundo. A figura 12, expõem a barragem construída nas proximidades do local de estudo.

Figura 12: Barragem nas proximidades da área de estudo.



Fonte: Autor, (Adaptado do Google Earth pro, 2020).

Nota-se, com a Figura 12, o grande volume de água represada pela barragem próxima ao local de estudo (destacada pelo polígono alaranjado). Como já citado, a barragem irá proporcionar, em um período de chuvoso, um aumento considerável na vazão do Riacho, já que toda a água de seu sangradouro é escoada para o Riacho, tornando-se assim, um fator preocupante, com relação ao escoamento dessas águas para o rio de forma segura, sem que ocorra alagamento no bairro, que como já mostrado anteriormente, não possui condições ideais para o escoamento de águas.

5.4 Possíveis áreas inundadas

Dando continuidade, levando em consideração as informações expostas nos tópicos antecedentes e o histórico do local, a respeito de alagamento, foi feito uma estimativa dos possíveis pontos propícios à problemas com inundações.

A respeito do histórico do local, foi considerado o ano de 2008, ano em que o Rio Piranhas, juntamente com o qual o Riacho, apresentaram grandes volumes de água. A seguir, com as figuras 13 a e b, é possível perceber a diferença das vazões no Rio Pinhas, entre os anos de 2008 e 2019.

Figura 13: Volume de água no Rio Piranhas nos anos de 2008 e 2019.



a) Volume de água do Rio Piranhas em 2008.



b) Volume de água do Rio Piranhas em 2019.

Fonte: preservação do rio piranhas, (2012)⁷.

Como é possível notar, no ano de 2008, ocorreu uma grande cheia, considerado por muitos moradores do município uma das maiores cheias do Rio Piranhas. Este fenômeno, resultou alagamentos em alguns locais na cidade, entre eles, a área de estudo escolhido para a elaboração do trabalho.

⁷ Disponível em: <http://natureza-riopiranhas.blogspot.com/2012/11/enchente-do-rio-piranhas.html>. Acesso em: jan. de 2020.

Almejando um melhor entendimento sobre as possíveis áreas atingidas, a Figura 14 ilustra, de maneira aproximada, lugares alagados caso vazões como as do ano de 2008, juntamente com a eventual colaboração da nova barragem construída venha a ocorrer.

Figura 14: Hipótese da área inundada.



Fonte: Autor, (Adaptado do Google Earth pro, 2020).

Para a geração da mancha de inundação, foi utilizado o software Google Earth pro, onde foi realizada a marcação de pontos, anteriormente alagados com as precipitações pluviométricas do ano de 2008, e em seguida foi traçada uma poligonal entre os pontos, gerando assim a mancha de inundação.

5.5 Validação da hipótese da área inundada

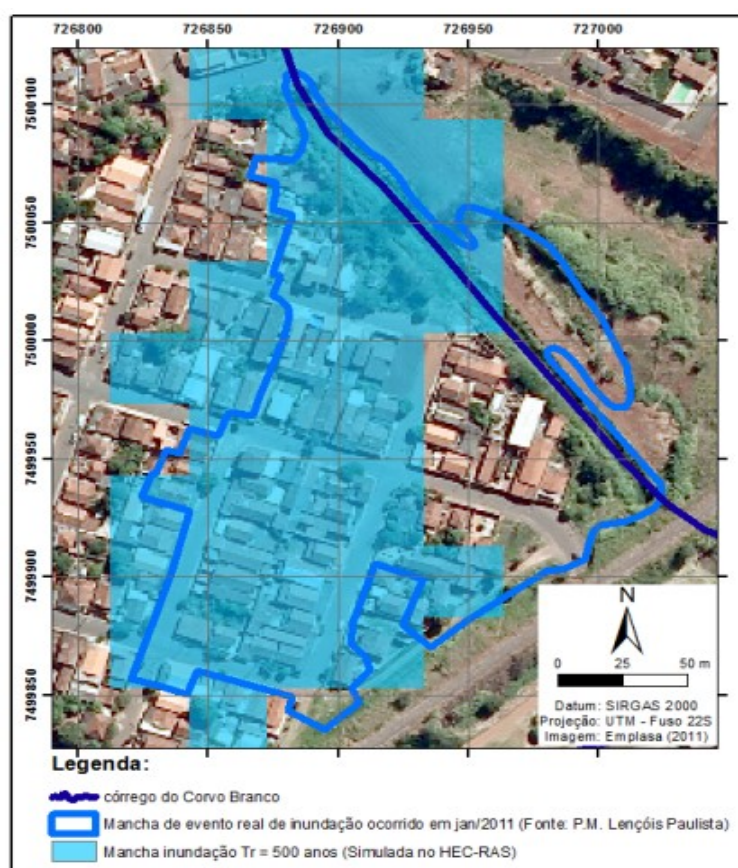
Embora durante o decorrer do trabalho, o levantamento de dados em campo, em companhia com o fator histórico citado no tópico 5.4, tenha demonstrado indícios da real probabilidade de uma possível inundação na área de estudo, nada pode-se afirmar, visto que, todas as informações coletadas no trabalho auxiliam apenas para tentar explicar e compreender este fenômeno.

Por sua vez, uma maneira de validar a hipótese da área inundada exposta no trabalho, seria através da geração de um mapa de inundação por meio do *software* HEC-RAS, bastante utilizado em estudos relacionados a rompimento de barragem. O HEC-RAS, em conjunto com

outros *softwares* utilizadas pelos engenheiros, como QGIS e AutoCAD Civil 3D, por exemplo, torna-se uma ferramenta precisa na simulação de escoamento de uma área estudada.

Em suma, a simulação do HEC-RAS possui uma grande precisão em seus resultados, tornando-se essencial para elaboração de mapas que indicam locais favoráveis a alagamentos, ocasionados por possíveis aumentos nas precipitações pluviométricas. Com o resultado da simulação do HEC-RAS e o auxílio do QGIS, é possível gerar um mapa contendo a mancha de inundação (figura 15), que é uma informação de bastante relevância para o estudo de prevenções, tornando fácil as decisões a serem tomadas, almejando a diminuição dos danos gerados pelos alagamentos.

Figura 15: Exemplo de macha de inundação gerada pelo HEC-RAS.



Fonte: Falcetta *et al*, (2017).

Para obter o resultado visto na Figura 15, o usuário precisa entrar com dados da topográfica da área, e as vazões do trecho definido.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle e monitoramento das construções é um fator que deve existir mais atenção por parte dos órgãos responsáveis. A elaboração do trabalho pode identificar que a falta de planejamento associada à falta de fiscalização, podem ser consideradas um dos principais fatores na ocorrência de desastres, como inundações.

Problemas causados com as construções em áreas de riscos, vem se tornando uma rotina no Brasil e no mundo. Tais questões, seriam facilmente resolvidos com fiscalizações mais rígidas, por parte dos agentes do conselho de Engenharia Civil. Entretanto, estas costumam ser desprezadas na construção civil, especialmente em cidades consideradas de pequeno porte, onde na maioria das vezes, não existe mão de obra qualificada e sequer regras pré-estabelecidas a respeito da urbanização, como o plano diretor, por exemplo.

Fundamentado nessa realidade, o trabalho surge com a proposta de estudar uma área com possível risco de inundação na cidade de Jardim de Piranhas/RN. Nos resultados do estudo, no que diz respeito à classificação das edificações, notou-se um número considerado de fabricas para a área, que não realizam nenhum tipo de tratamento de seus rejeitos após a produção, podendo assim, causar prováveis problemas no escoamento da via.

Com relação à área, notou-se alguns problemas relacionado a falta de planejamento urbano, como inexistência de sistema adequado para o escoamento das águas fluviais. Além disso, foi observado a falta de pavimentação adequada ao mesmo tempo que a falta de galerias, e alta camada vegetação.

Por sua vez, o levantamento da hipótese da área estudada, levando em conta as informações levantadas no decorrer do trabalho como a falta de sistema de coleta de água e esgoto e a construção de uma nova barragem, por exemplo, é fundamental para o entendimento de possíveis locais atingidos, em decorrência de precipitações pluviométricas acima da média voltem a ser registradas.

Por fim, a sugestão para possíveis trabalhos futuros é da validação da hipótese da área inundada, como explicada no final do trabalho. A validação da hipótese, através da simulação realizada pelo HEC-RAS, requer um maior tempo para a coleta de informações, pois a obtenção dos dados necessários para a elaboração dos mapas (dados topográficos e vazões), são difíceis de ser obter no Brasil, tornando alguma vezes a necessidade de levantamento dos dados por conta própria, e assim, demandando mais tempo de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ANDJELKOVIC, I. Guidelines on non-structural measures in urban flood management. International Hydrological Programme (IHP), **United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization** (UNESCO), 2001.
- ANDRADE, S; FERREIRA, V; SILVA, M. Elaboração de um mapa de risco de inundações da bacia hidrográfica do córrego São Pedro, área urbana de Uberlândia-MG. **Caderno de Geografia**, v. 24, n. 41 , 2014.
- ARAÚJO, A. Obras contra enchente: veja as prometidas, as entregues e as que nunca saíram do papel em BH. **G1 Minas**, Belo Horizonte, 30 de nov. de 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2018/11/30/veja-obras-contrachuva-que-foram-entregues-que-estao-paradas-e-as-que-nunca-sairam-do-papel-em-bh.ghtml>. Acesso em: 21, nov. de 2019.
- CABRAL, S; CAMPOS, J; SILVEIRA, C; TEIXEIRA, F. Integração do SIG, HEC/HMS e HEC/RAS no mapeamento de área de inundação urbana: Aplicação à bacia do Rio Granjeiro-CE. **Geociências**, v. 35, n. 1, p. 90-101 , 2016.
- CANNATA, M; MARZOCCHI, R. Two-dimensional dam break flooding simulation: a GIS-embedded approach. **Natural hazards**, v. 61, n. 3, p. 1143-1159, 2012.
- COLUCCI, R. ESTUDOS DE ROMPIMENTO DE BARRAGENS UTILIZANDO O HEC-RAS. **GEOeduc**, 2019. Disponível em: <https://cursos.geoeduc.com/lesson/DownloadLessonFile/375>. Acesso em: 10, out. 2019.
- ENOMOTO, C. Método para elaboração de mapas de inundação estudo de caso na bacia do rio Palmital, Paraná. Curitiba. **Dissertação (Mestrado em Eng de Recursos Hídricos)**. Universidade Federal do Paraná. 2004.
- FALCETTA, F; CORSI, A. Validação de mapeamento de inundações urbanas utilizando os modelos HE-HMS e HEC-RAS acopladas a dados de cartas topográficas e da SRTM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. Anais... 8p.
- FONTOURA, L. Planejamento urbano-ambiental: o uso e ocupação do solo no Distrito Federal. **Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia**, v. 01, n. 005, jul. 2013.
- GUEVANE, E. População mundial atingiu 7,6 bilhões de habitantes. **ONU News**, 2017. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2017/06/1589091-populacao-mundial-atingiu-76-bilhoes-de-habitantes>. Acesso em: 05, out. 2019.
- GEORREFERENCIAMENTO e geoprocessamento. **PORTAL EDUCAÇÃO**, 2013. Disponível em: <https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/informatica/georreferenciamento-e-geoprocessamento/51022>. Acesso em: 05, out.2019.

HORA, S; GOMES, R. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA. **Sociedade & Natureza, Uberlândia**, 21(2): 57-75, ago. 2009.

IBGE. **Censo Demográfico**, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/jardim-de-piranhas/panorama>. Acesso em: 06, out. 2019.

JAKOBI, H. Mapa de Risco ocupacional no estado de Rondônia baseado em tecnologia de georeferenciamento. **Biblioteca Virtual em Saúde**, Porto Velho - RO, dez. 2008. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/artigos/mapa_risco_ocupacional_ro.pdf. Acesso em: 05, out. 2019.

PARREIRAS, M. Conheça as nove áreas de alto risco de inundação na mira da prefeitura de BH. **ESTADO DE MINAS**, Belo Horizonte, 26 de set. de 2019. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2019/09/26/interna_gerais,1088237/conheca-as-nove-areas-de-alto-risco-de-inundacao-em-bh.shtml. Acesso em: 21, nov. de 2019.

SOUSA, R; GONÇALVES, G. Um estudo sobre os impactos decorrentes de inundações no município de belo horizonte. **R. gest. Sust. Ambiente., Florianópolis**, v.7, n.3, p.591-605, jul/set. 2018.

TOMINAGA, L; SANTORO, J; DO AMARAL, R. Desastres naturais: conhecer para prevenir. Instituto geológico, 2009.

TUCCI, C; BERTONI, J. Inundações Urbanas na América do Sul. **Associação Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, 2003.

TUCCI, C. INUNDAÇÕES URBANAS. **PORTAL DO MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL-MPF**, 2015. Disponível em: http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/importacao/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/drenagem1.PDF. Acesso em: 18, out. 2019.