

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS CAJAZEIRAS

JEFERSON GONÇALVES MORAIS

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE SUSCETIBILIDADE A ALAGAMENTOS NO
BAIRRO TECEDORES EM CAJAZEIRAS-PB**

Cajazeiras-PB
2022

JEFERSON GONÇALVES MORAIS

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE SUSCETIBILIDADE A ALAGAMENTOS NO
BAIRRO TECEDORES EM CAJAZEIRAS-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação do Prof. Msc. Teobaldo Gabriel de Souza Júnior e Coorientação do Prof. Msc. George da Cruz Silva.

Cajazeiras-PB
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M828a Morais, Jeferson Gonçalves

Avaliação do grau de suscetibilidade a alagamentos no bairro tecedores em Cajazeiras-PB/Jeferson Gonçalves Moraes. – Cajazeiras/PB: IFPB, 2021.

39f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Engenharia Civil - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB, Campus Cajazeiras. Cajazeiras, 2021.

Orientador(a): Prof. Msc. Teobaldo Gabriel de Souza Júnior.

Coorientador(a): Prof. Msc. George da Cruz Silva.

1. Sistemas de Informações Geográficas 2. Alagamentos 3. Geoprocessamento – Mapeamento 4. SIG – Sensoriamento remoto I. Moraes, Jeferson Gonçalves II. Título

CDU: 624:528.8

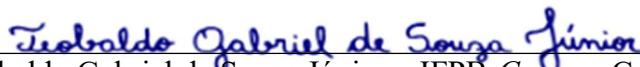
JEFERSON GONÇALVES MORAIS

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE SUSCETIBILIDADE A ALAGAMENTOS NO BAIRRO
TECEDORES EM CAJAZEIRAS-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, *Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 25 de fevereiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA



Msc. Teobaldo Gabriel de Souza Júnior – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Orientador



Msc. George da Cruz Silva – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Coorientador



Dra. Celme Torres Ferreira da Costa – UFCA-*Campus* Juazeiro do Norte
Examinador Externo

Dedico este trabalho aos meus pais em especial, pela dedicação e apoio em todos os momentos difíceis e aos meus professores, amigos e colegas que me acompanharam durante toda essa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pela oportunidade de estar vivo e por todas as capacidades e bênçãos que ele tem me proporcionado desde o momento que nasci.

À minha mãe, Lucicleide Barreto Gonçalves, que desde pequeno me ama incondicionalmente e apoia de formas impressionantes, ajuda de maneiras simples e eficientes, como, por exemplo, ir de casa à escola me perguntando a tabuada para que eu estivesse pronto na hora da prova. Eu te amo, mãe!

Ao meu pai, José de Souza Morais, que sempre me amou de maneiras indescritíveis, apoiou tudo que tentei mesmo sem entender e me ajudou de maneiras quase impossíveis. Ensinando-me de maneira prática o significado de honestidade e trabalho duro. Eu te amo, pai!

À minha irmã, Jéssica Gonçalves Morais, que sempre confia em mim e comemora minhas conquistas.

À minha namorada, Nataliane Vieira Pereira, que desde o momento que entrou na minha vida vem me ensinando a ser uma pessoa melhor, me incentivando em todos os aspectos e me apoiando cegamente em todas as batalhas. Amor, você é o melhor e mais precioso presente que o IFPB poderia ter me dado.

Aos meus colegas e amigos de faculdade, em especial José Augusto, José Thiago, Júlio César, Ana Caroline e Monique Pereira por todo o auxílio nas atividades e projetos desenvolvidos e por estarem presentes em momentos de dúvida sobre a vida e a faculdade.

Aos meus amigos do ensino médio que, ainda hoje, continuam ao meu lado, em especial Vinícios Manguiera, Hiarley Martins e Matheus de Oliveira.

Ao meu grande amigo Francisco Judivan que me ajudou na escolha da temática deste trabalho, assim como na revisão final.

Ao meu professor orientador, Teobaldo Gabriel de Souza Júnior, que de maneira fervorosa aceitou prontamente meu convite em participar dessa caminhada, a qual desempenhou seu papel de forma irretocável mesmo em momentos que não precisava. Teo, mais uma vez, assim como no ensino médio, você personifica na minha mente o sentido real do que é ser um professor que não mede esforços para ajudar os seus alunos.

À professora Doutora Celme Torres Ferreira da Costa, que de maneira bastante solícita aceitou o convite de compor a banca e nos abrilhantar com sua presença.

Ao magnífico Gastão Coelho de Aquino Filho, que desde o meu ingresso ao IFPB, com 14 anos de idade, não mede esforços para me ajudar, assim como presta apoio a todos os alunos dessa instituição.

Ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB) – *Campus* Cajazeiras, que desde 2013 serviu de alicerce para o meu desenvolvimento pessoal, profissional e intelectual, me mostrando que uma caminhada dura e longa é o caminho certo a se seguir.

A todos os professores que um dia me deram o privilégio de poder assistir suas aulas e absorver nem que seja um pouco dos seus conhecimentos.

A todos os funcionários do IFPB e terceirizados que de alguma forma participaram da minha jornada.

A todos que me ajudaram, incentivaram e acreditaram em mim e na minha capacidade de chegar a esse momento, eu deixo aqui os meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

Alterações antrópicas em um ambiente natural, unidas a características que motivam a ocorrência de fenômenos hídricos são aspectos observados no estudo da suscetibilidade a alagamentos de uma determinada região. Desse modo, tem-se nas geotecnologias SIGs (Sistemas de Informações Geográficas), poderosas ferramentas que permitem determinar os pontos mais propensos a eventos extremos em uma área delimitada, por meio da classificação e integração de variáveis condicionantes envolvidas no fenômeno, as quais possibilitam a geração de mapas de suscetibilidade a alagamentos. A partir disso, este trabalho teve o objetivo de avaliar e gerar o mapa do grau de suscetibilidade a alagamento do bairro Tecedores, em Cajazeiras-PB, com o auxílio de ferramentas e técnicas de Geoprocessamento. Para isto, foram utilizadas 5 variáveis distintas relativas ao uso e ocupação do solo, à declividade, à elevação, ao fluxo acumulado de água e a curva número. Constatou-se que o bairro estudado corresponde, possivelmente, a uma localidade de média a alta suscetibilidade a alagamento contando com aproximadamente 0,031 km² de área de alta probabilidade de ocorrência do fenômeno e 0,29 km² de áreas de média suscetibilidade.

Palavras-Chave: SIG. Mapeamento. Eventos extremos.

ABSTRACT

Anthropogenic changes in a natural environment, together with characteristics that motivate the occurrence of water phenomena are aspects observed in the study of susceptibility to flooding in a given region. In this way, GIS (Geographic Information Systems) geotechnologies are powerful tools that allow determining the points most prone to extreme events in a delimited area, through the classification and integration of conditioning variables involved in the phenomenon, which enable the generation of flood susceptibility maps. Based on this, this work aimed to evaluate and generate a map of the degree of susceptibility to flooding in the Tecedores neighborhood, in Cajazeiras-PB, with the help of Geoprocessing tools and techniques. For this, 5 different variables related to land use and occupation, slope, elevation, accumulated water runoff and the curve number were used. It was found that the studied neighborhood possibly corresponds to a locality of medium to high susceptibility to flooding, with approximately 0.031 km² of area of high probability of occurrence of the phenomenon and 0.29 km² of areas of medium susceptibility.

Keywords: GIS. Mapping. Extreme events.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Gráfico Comparativo de Precipitação Acumulada na estação de São Gonçalo – PB [mm].	19
Figura 2 – Mapa de localização do bairro Tecedores em Cajazeiras-PB.	20
Figura 3 – Processo de expansão imobiliária do bairro Tecedores; “A” (2013), “B” (2016) e “C” (2021).	20
Figura 4 – Alagamentos na rua Maestro Esmerindo Cabrinha da Silva - “Rua das Águas”....	21
Figura 5 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo.	25
Figura 6 – Mapa de Curva Número.	26
Figura 7 – Mapa de Elevação.	27
Figura 8 – Mapa de Declividade.....	28
Figura 9 – Mapa de Fluxo Acumulado de Água.	29
Figura 10 – Mapa de Suscetibilidade a Alagamentos.	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIGS E SENSORIAMENTO REMOTO- SR.....	15
2.2	VARIÁVEIS DE ESTUDO	16
2.2.1	<i>Uso e ocupação do solo</i>	16
2.2.2	<i>Curva Número</i>	17
2.2.3	<i>Elevação</i>	17
2.2.4	<i>Declividade</i>	17
2.2.5	<i>Fluxo acumulado de água</i>	18
2.3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	18
2.3.1	<i>Município de Cajazeiras - PB</i>	18
2.3.2	<i>Delimitação da área de estudo - Bairro Tecedores</i>	19
3	MÉTODO DA PESQUISA	22
3.1	OBTENÇÃO DOS DADOS	22
3.2	ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS.....	23
3.2.1	<i>Uso e ocupação do solo</i>	24
3.2.2	<i>Curva Número</i>	25
3.2.3	<i>Elevação</i>	27
3.2.4	<i>Declividade</i>	28
3.2.5	<i>Fluxo acumulado de água</i>	29
3.3	INTEGRAÇÃO DAS VARIÁVEIS	30
4	RESULTADOS DA PESQUISA	32
5	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A urbanização é um processo de modificação territorial em que ocorrem alterações das características rurais pela implementação de infraestruturas urbanas como, sistemas de água, esgoto, malha viária, entre outros (SOUSA *et al.*, 2020).

Conforme Santos *et al.* (2017), a ocupação intensa e não planejada do solo é um dos impactos que mais acarretam problemas diretos à população. Cury *et al.* (2021), consideram que nas áreas urbanizadas a impermeabilização do solo resulta em uma diminuição na capacidade de infiltração da água e em um aumento no escoamento superficial.

Azerêdo (2017), explica que com a urbanização, o volume que antes escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas, passa a escoar sobre superfícies impermeáveis, dessa forma aumentando a sua velocidade de escoamento superficial e reduzindo o seu tempo de deslocamento.

Apesar disso, Santos *et al.* (2017), afirmam que o crescimento da população e o crescimento urbano são processos naturais que não se tem controle por completo, entretanto é indispensável a existência de um planejamento urbano para a garantia de uma qualidade de vida para a população, pois, de acordo com Satiro *et al.* (2019), a falta de um sistema de drenagem urbana de águas pluviais ocasiona sérios problemas à sociedade, ao meio ambiente e à economia por meio de fenômenos como os alagamentos.

A Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Espírito Santo (CEPDEC/ES) (2016) define alagamento como a extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.

Cury *et al.* (2021), comentam que, no Brasil, eventos como os citados tem se tornado cada vez mais frequentes, causando prejuízos sociais e econômicos.

Segundo a pesquisa de Sousa *et al.* (2020), realizada por meio de técnicas de sensoriamento remoto, o município de Cajazeiras-PB teve um crescimento de cerca de 497 hectares em um intervalo de tempo curto, de 2011 a 2014, embora, algumas dessas áreas loteadas, ainda se encontrem não edificadas. Ainda segundo os autores, o processo de urbanização da cidade de Cajazeiras-PB segue com a abertura de ruas, alargamento de avenidas, construção de novas edificações e implementação de loteamentos.

Este processo de desenvolvimento urbano pode ser observado no bairro Tecedores da referida cidade. E, da mesma forma, os efeitos negativos decorrentes do seu crescimento, pois,

durante o período chuvoso a região apresenta problemas consideráveis com alagamentos, fazendo com que uma das suas ruas mais centrais ficasse popularmente conhecida como “Rua das Águas”¹.

A ocorrência desse tipo de evento depende de fatores como: características pertencentes ao terreno e a topografia local. Existem, ainda, outros agravantes como o aumento na taxa de uso e ocupação do solo que, no bairro, se elevou de forma acelerada em função do desenvolvimento imobiliário na região que, como pode ser observado no trabalho de Araújo (2017), fez com que a cidade de Cajazeiras - PB passasse por um aumento no número de lotes abertos entre os anos de 2009 e 2015, o que resultou em um crescimento potencial de 59,6% no número de construções.

Segundo Sousa *et al.* (2020), a investigação da dinâmica urbana cada vez mais se torna facilitada, principalmente com o auxílio de mecanismos de monitoramento por satélite que existem atualmente. Estes mecanismos podem ser chamados de Sensoriamento Remoto (SR) e, neste sentido, os próprios autores as definem como tecnologias que permitem obter informações da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida.

Assim, a presente pesquisa objetivou estudar o bairro Tecedores em Cajazeiras-PB, com o auxílio de uma ferramenta Sistema de Informação Geográfica (SIG) e de técnicas de SR, de modo a gerar dados que permitam estimar qual o grau de suscetibilidade a alagamentos da referida localidade, eventos esses que podem ocasionar prejuízos sociais e econômicos durante a ocorrência de precipitações intensas, principalmente no período chuvoso.

Em posse desses dados torna-se possível planejar medidas eficientes e viáveis localmente para mitigar os impactos visto que, Satiro *et al.* (2019), defendem que é indispensável que a administração pública tome medidas preventivas e corretivas para a diminuição e controle dos impactos causados pela água da chuva, uma vez que, segundo os autores, a drenagem urbana do município não acompanhou o desenvolvimento urbano que ocorreu na cidade, e para que esta situação seja mudada, fazem-se necessárias medidas estruturais assim como não estruturais no município estudado.

¹ SANTOS, J. VÍDEO: Moradores convivem com esgoto ao céu aberto e reclamam do descaso da prefeitura de Cajazeiras. **Diário do Sertão**, Cajazeiras – PB, maio 2021. Disponível em: diariodosertao.com.br/noticias/529290/video-moradores-convivem-com-esgoto-ao-ceu-aberto-e-reclamam-do-descaso-da-prefeitura-de-cajazeiras.html. Acesso em: 30 jan. 2022

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A precipitação atmosférica é a transferência da água contida na atmosfera para a superfície terrestre (SANTOS, 2015). A partir disso, define-se as águas pluviais como aquelas resultantes de precipitações que chegam ao solo, às edificações, aos corpos hídricos, entre outros e se infiltram e escoam na superfície, ou seja, são as águas provenientes das chuvas.

Dentre as classes que uma determinada precipitação pode estar incluída, tem-se as chuvas intensas, ou chuvas extremas que também são conhecidas por chuvas máximas e têm distribuição irregular tanto temporalmente quanto espacialmente (ARAÚJO *et al.*, 2008).

Segundo Bertoni e Tucci (2015), a precipitação máxima é uma ocorrência extrema de evento de chuva, com características como duração, distribuição temporal e espacial críticas para uma determinada área ou bacia. O fenômeno pode atuar sobre obras hidráulicas, provocar inundações, entre outros problemas cotidianos, o que reforça a necessidade de se analisar precipitações compatíveis com o tipo de projeto (BERTONI; TUCCI, 2015).

Para Gonçalves (2021), a chuva assume a condição de impacto na medida em que atua sobre um espaço mais adaptado pelo homem, nele interferindo com diversos graus de significância em função da sua vulnerabilidade.

Ainda de acordo com Gonçalves (2021), no Brasil os eventos naturais extremos de maior repercussão nas atividades humanas são os de natureza climática, como os ligados às oscilações hídricas, ou seja, secas e enchentes, sendo estes dois os mais significativos e que causam um verdadeiro impacto ambiental bem como socioeconômico.

Esse tipo de evento causa grandes prejuízos, tais como: erosão no solo, inundações, alagamentos, perdas agrícolas, além de problemas em reservatórios. Estes problemas estão presentes no Nordeste brasileiro (NEB), pois, apesar de ser conhecido como uma região predominantemente seca, ela tem como característica a grande irregularidade na precipitação, cujo comportamento é decorrente de um conjunto de fatores, tais como: suas características fisiográficas e influência de vários sistemas atmosféricos, fenômenos estes transientes (ARAÚJO *et al.*, 2008). Para Alves *et al.* (2017), esta variabilidade pluviométrica no NEB está diretamente acoplada à evolução térmica anual no Atlântico Tropical.

E, dentre os estados do NEB, a Paraíba é o que apresenta uma das maiores variabilidades espacial nas chuvas, uma vez que a porção mais litorânea apresenta precipitação média anual acima de 1083,4 mm/ano, seguida da região sertaneja com valores médios de 821,9 mm/ano, e por fim a região do Cariri com média alcançando até 516,1 mm/ano (ARAÚJO *et al.*, 2008).

Dado que estes fenômenos pluviométricos, na região, contam com uma grande variabilidade espacial, assim como no seu intervalo temporal, eles tornam-se um fator prejudicial aos aspectos socioeconômicos, pois, como já mencionado, podem provocar tanto secas como também alagamentos entre outros fenômenos associados ao acúmulo de água.

Estiagem é um fenômeno climático diretamente relacionado à redução da frequência e intensidade das chuvas, ao atraso do período chuvoso ou à ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição (LICCO; DOWELL, 2015). Ainda segundo o autor, trata-se de um dos desastres de maior ocorrência e impacto no mundo, devido ao longo período em que ocorre e à abrangência das áreas que afeta.

Alagamento seria o acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem, principalmente em baixadas (LICCO; DOWELL, 2015; CALDANA *et al.*, 2018). Segundo Caldana *et al.* (2018), os problemas com alagamentos, inundações e enxurradas são frequentes em todo o mundo e estão presentes em pelo menos 80% das cidades brasileiras.

Embora sejam fenômenos de ordem natural ocasionados pela disritmia dos sistemas meteorológicos, Cury *et al.* (2021) defendem que as alterações antrópicas são consideradas agentes intensificadores da suscetibilidade aos alagamentos², sobretudo se conjugado com fatores como o crescimento significativo da urbanização desordenada, a expansão industrial e do agronegócio, além da exploração intensiva do solo e da ocupação de zonas ribeirinhas, isso tudo agravado pelas mudanças climáticas.

Do mesmo modo, Gonçalves (2021) defende que o processo de urbanização é bastante significativo em termos de modificação do clima em escala local. Fatores estes que juntos contribuem para eventos de maior frequência, agressividade e alcance, como pode ser observado na análise diacrônica aplicada por Gonçalves (2021), pois ela revelou que os eventos pluviais tem acompanhado o processo de expansão urbana e aumentado em conjunto com a incorporação de novos espaços ocupados, principalmente em áreas consideradas de risco, o que prova a falta de sintonia entre as ações humanas e as leis da natureza, afetando principalmente a camada mais desfavorecida da população.

² Originalmente o autor trata do tema Inundação. Para um melhor entendimento acerca dos termos, sugere-se a leitura do texto "Enchente, Inundação, Alagamento e Enxurrada" do site da editora Oficina de textos, disponível no endereço: ofitexto.com.br/comunitexto/enchentes-inundacao-alagamento-e-enxurradas/.

Conforme Azerêdo (2017), a capacidade de absorção de água pluvial por parte do solo diminui, consideravelmente, quando o percentual de impermeabilização aumenta, demonstrando a existência de uma relação inversa entre esses dois parâmetros.

Entre os desastres naturais que mais acontecem nas zonas urbanas, o alagamento é o segundo em destaque, chegando a atingir 31% dos municípios brasileiros (IBGE, 2008). Apesar disto, Diaconu *et al.* (2021) mostram que o continente americano, especificamente a América do Sul, é um dos continentes que menos se dedicaram a trabalhos que detectem áreas suscetíveis a alagamentos e o Brasil não se diferencia dos países vizinhos a esse respeito.

2.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS - SIGS E SENSORIAMENTO REMOTO– SR

Os SIGs são poderosas ferramentas de suporte ao planejamento urbano e à tomada de decisão dando assistência aos processos de zoneamento urbano, de delimitação de áreas de risco e para a alocação de recursos públicos, com finalidade corretiva e preventiva. (PALÁCIO *et al.*, 2021).

De acordo com Sousa *et al.* (2020), o Sensoriamento Remoto é uma tecnologia que permite obter informações da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida por essa superfície.

O termo “Sensoriamento” refere-se à obtenção de dados por meio de sensores, enquanto que “Remoto” significa à distância, ou seja, sem contato físico ou proximidade entre os sensores e o alvo (FLORENZANO, 2011).

Florenzano (2011, grifos do original) destaca que a tecnologia de SR apresenta as seguintes resoluções: **espacial**, que é a capacidade do sensor distinguir objetos em função do seu tamanho; **spectral**, que diz respeito à capacidade do sensor em captar as imagens do objeto em função da sua resposta dentro do espectro eletromagnético; **radiométrica**, que se trata da capacidade do sensor discriminar a energia emitida ou refletida pelo alvo; e também a taxa de revisita de um sensor ao mesmo ponto, que é a **resolução temporal**.

A partir disso, pode-se afirmar que para esse trabalho foi utilizado uma imagem **multiespectral**, registrada pelo satélite *Sentinel 2*, disponível de forma gratuita, entretanto mediante cadastro, no *site* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey - USGS*). A imagem é datada de 09 de dezembro de 2021, capturada no intervalo de tempo que começa às 13:02:47 e termina às 13:06:31.

A imagem em questão conta com várias bandas, entretanto para a necessidade desse trabalho foram necessárias apenas as bandas com resolução de 10 m x 10 m que compõem o espectro de cor natural visível, RGB - *Red, Green, Blue*, aliadas a banda correspondente ao espectro eletromagnético que diz respeito ao infravermelho próximo (VNIR) - do inglês *Visible and Near Infrared*. Desse modo, B2, B3, B4 e B8 foram os arquivos utilizados. O quadro 1 mostra a relação de cada banda espectral.

Quadro 1- Bandas espectrais e descrição.

Banda espectral	Descrição
B2	Azul (B)
B3	Verde (G)
B4	Vermelho (R)
B8	Visível e infravermelho próximo (VNIR)

Fonte: Os autores.

Sousa *et al.* (2020), através de seu trabalho “Análise do crescimento urbano da cidade de Cajazeiras-PB através de imagens do *RapidEye*” mostram que o sensoriamento remoto é uma tecnologia eficaz, assim como, um grande facilitador no estudo de caracterização da superfície terrestre.

2.2 VARIÁVEIS DE ESTUDO

De acordo com Palácio *et al.* (2021), fatores dinâmicos como volume pluvial de escoamento, capacidade de infiltração do solo, declividade, evapotranspiração, mudanças no clima e mudanças nos padrões de uso da terra motivam o surgimento de novos pontos de alagamento.

Sendo assim, adaptando-se às metodologias utilizadas por Palácio *et al.* (2021), Cury *et al.* (2021) e Soares Neto *et al.* (2017) foram escolhidas 5 variáveis condicionantes, sendo elas: uso e ocupação do solo, curva número, elevação, declividade e fluxo acumulado de água.

2.2.1 Uso e ocupação do solo

Segundo Farias (2020), os usos e ocupações do solo impactam as características ambientais e sociais dos municípios, e o seu monitoramento e mapeamento são táticas eficazes para conhecer e mitigar os danos ambientais atuais e futuros.

Da mesma forma, Soares Neto *et al.* (2017) apontam que essa condicionante está diretamente associada com permeabilidade de uma dada região. Nesse sentido, pode-se afirmar

que em áreas urbanas, que têm um maior grau de impermeabilização do solo motivado pelo elevado nível de pavimentação, existe uma tendência maior para o escoamento superficial. Em contrapartida, nas áreas em que a vegetação é majoritária, o nível de escoamento superficial direto tende a ser reduzido, visto que a mata existente tende a reter e infiltrar parte da água precipitada.

2.2.2 Curva Número

Oliveira (2020), explica que este método, desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (SCS-USDA), atual Serviço de Conservação dos Recursos Naturais (NRCS), permite estimar o escoamento superficial direto para bacias urbanas de acordo com as suas características de clima, tipo de solo, uso e ocupação do solo e condições de umidade antecedentes, considerando as perdas iniciais de precipitação neste período.

Palácio *et al.* (2021), defendem que o Método Curva Número (CN) está diretamente relacionado com as demais variáveis condicionantes nessa pesquisa, principalmente com as condições de uso e ocupação do solo. Não obstante, também se relaciona com variáveis não abordadas aqui, tais como: tipo de solo e umidade antecedente.

2.2.3 Elevação

Segundo Cury *et al.* (2021), o fato de regiões planas apresentarem escoamento superficial com baixa velocidade, limita a capacidade de transporte em função da vazão de escoamento, aumentando a probabilidade de ocorrência de inundações. Esse fenômeno tende a acontecer em regiões de cotas altimétricas inferiores.

Do mesmo modo, Palácio *et al.* (2021), explicam que quanto menor o valor referente à cota de uma região maior é sua suscetibilidade a alagamento, uma vez que a lei da gravidade atua sobre os corpos hídricos fazendo com que seu escoamento se dê das cotas mais altas para as mais baixas.

2.2.4 Declividade

Segundo Palácio *et al.* (2021), a declividade é um dos componentes físicos de significativa influência para os fenômenos de alagamento.

Na mesma linha, Cury *et al.* (2021), afirmam que a declividade é um fator moderadamente mais importante que os demais, quando se trata de suscetibilidade a inundações

(no caso deste trabalho: alagamentos), pois ela é responsável pela força do escoamento da água, ou seja, em áreas de declividade acentuada a velocidade de escoamento superficial é maior, conseqüentemente, resulta em uma menor capacidade de infiltração da água no solo, contribuindo, diretamente, para o acúmulo de água nas áreas mais planas.

2.2.5 Fluxo acumulado de água

A variável de acúmulo do fluxo de água está associada à declividade e conformação do terreno e é definida pela propensão da água a tomar determinado caminho ao longo do terreno, formando canais preferenciais de drenagem (SOARES NETO *et al.*, 2017).

Nesse sentido, Palácio *et al.* (2021) apontam que quanto maior a acumulação de fluxo d'água, maior será a suscetibilidade ao alagamento.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

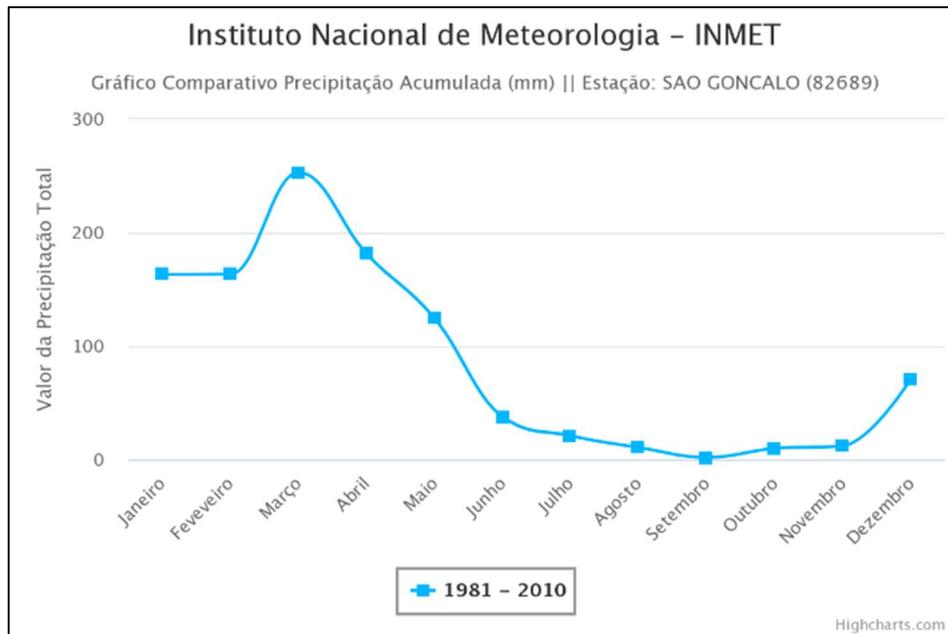
Nessa subseção a área de estudo será caracterizada e delimitada.

2.3.1 Município de Cajazeiras - PB

O presente estudo foi desenvolvido no município de Cajazeiras que se encontra localizado entre os paralelos 6°47' e 6°45' de latitude Sul, assim como entre os meridianos 38°32' e 38°38' de longitude Oeste, estando situada na mesorregião do Sertão Paraibano, distante cerca de 468 km da capital estadual João Pessoa (PMC, 2021). Apresenta uma área territorial de 562,703 km² e uma população estimada de 62 576 habitantes (IBGE, 2020).

De acordo com Francisco e Santos (2017), Cajazeiras apresenta um clima tropical (tipo As na classificação climática *Koppen*), com precipitações anuais medias de aproximadamente 1036 mm (AESAs, 2022), as quais se encontram concentradas, principalmente, entre os meses de janeiro a maio, como pode ser observado na Figura 1, construída pelo Instituto Nacional de Meteorologia, com dados coletados na estação 82689 - São Gonçalo (INMET, 2022) que se encontra a cerca de 30 km da zona urbana de Cajazeiras.

Figura 1 – Gráfico Comparativo de Precipitação Acumulada na estação de São Gonçalo – PB [mm].



Fonte: Adaptado de INMET (2022).

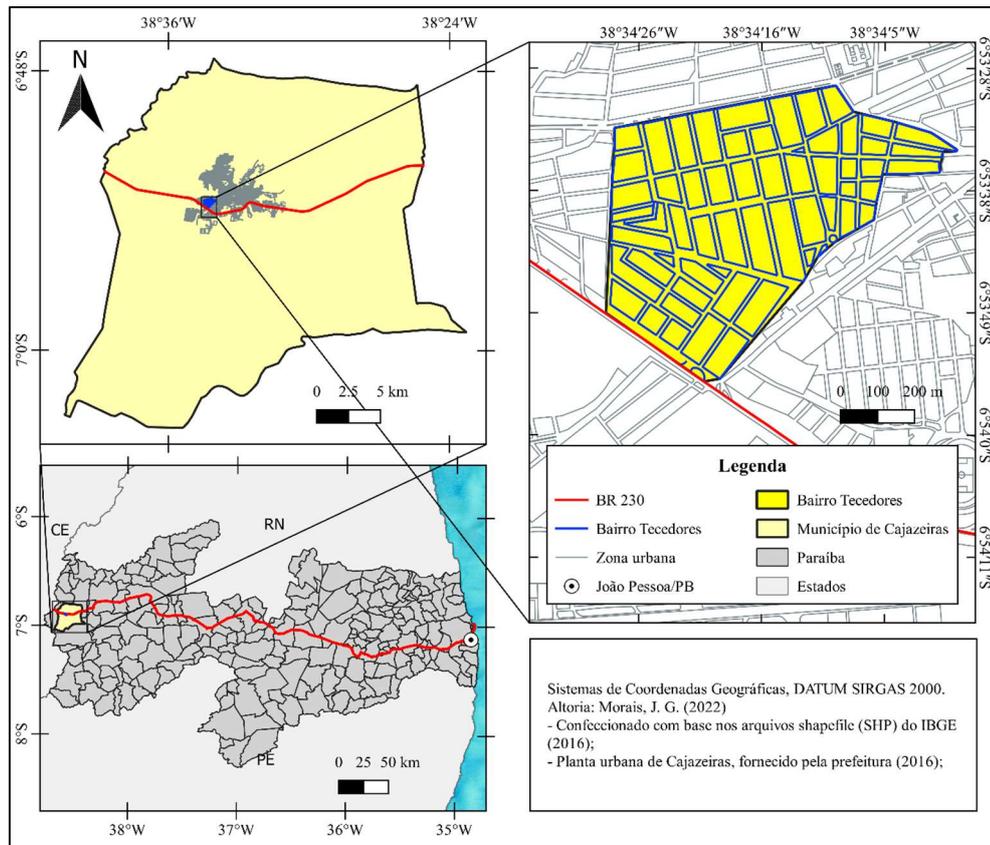
Conforme Sousa *et al.* (2020), a pluviosidade irregular no município ocorre devido às alterações na variabilidade climática decadal e sazonal, resultando em escassez hídrica e corpos d'água intermitentes. Esse fenômeno causa a ocupação de áreas que, em períodos chuvosos, são consideradas ciliares ou até molhadas.

Como pode ser observado no trabalho de Souza (2013), o município de Cajazeiras em sua extensão territorial conta com a formação do tipo Luvissole Crômico Órtico. Ainda segundo o autor, esse tipo de solo encontra-se presente na maioria das formações da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe, onde o município está situado, apresenta um grande teor de argila, resultando em uma dificuldade de drenagem o que contribui para um aumento no escoamento superficial.

2.3.2 Delimitação da área de estudo - Bairro Tecedores

A área de estudo se delimita ao bairro Tecedores, que se encontra na porção Sudoeste da zona urbana (Figura 2). Tecedores tem uma área aproximada de 0,429 km² e, a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), disponível de forma gratuita no site TopoData (INPE, 2021) verifica-se uma diferença de elevação de, aproximadamente 21 m, sendo que sua cota mais baixa se encontra 297 m e sua cota mais alta a 318 m de altitude.

Figura 2 – Mapa de localização do bairro Tecedores em Cajazeiras-PB.



Fonte: Os autores.

O bairro Tecedores passou por um rápido processo de desenvolvimento imobiliários na década de 2010, como pode ser observado na Figura 3. Entretanto, esse processo não atende a um planejamento urbano no que se diz respeito as políticas de uso e ocupação do solo, resultando em eventos climáticos indesejáveis, tais como os alagamentos representados na Figura 4.

Figura 3 – Processo de expansão imobiliária do bairro Tecedores; “A” (2013), “B” (2016) e “C” (2021).



Fonte: Adaptado de Google Earth.

Figura 4 – Alagamentos na rua Maestro Esmerindo Cabrinha da Silva - “Rua das Águas”.



Fonte: Os autores.

3 MÉTODO DA PESQUISA

O presente estudo foi desenvolvido empregando-se o método Hipotético-Dedutivo, que, segundo Marconi e Lakatos (2003), parte de um problema, ao qual se oferece uma forma de solução provisória, passando-se depois a criticar a solução, com vista à eliminação do erro.

Desse modo, o trabalho foi desenvolvido seguindo inicialmente a etapa de definição do problema e dos objetivos, para que fosse possível determinar de maneira satisfatória qual seria o objeto de estudo e qual a perspectiva a ser estudada.

Prosseguindo, deu-se a revisão bibliográfica, que foi realizada por meio da consulta de materiais publicados na *internet*, dentre eles artigos científicos, dissertações, teses e livros. Essa etapa inicial foi fundamental para a escolha das variáveis condicionantes a serem observadas durante o estudo, como também para escolher quais são os parâmetros de tratamento e análise dos dados.

Seguindo as informações obtidas durante a revisão bibliográfica, a determinação das variáveis a serem investigadas foram: uso e ocupação do solo; curva número; elevação; declividade e fluxo acumulado de água.

Na sequência, foi realizado o levantamento dos dados segundo as variáveis para que se tornasse possível a modelagem e análise das informações, gerando o mapa de suscetibilidade à alagamento da área.

Por fim, aconteceu a discussão dos resultados de modo a correlacionar os dados obtidos com as deduções empíricas existentes desde o início do desenvolvimento do projeto.

3.1 OBTENÇÃO DOS DADOS

O processo de obtenção dos dados aplicados na investigação foi uma mescla das metodologias aplicadas por Palácio *et al.* (2021) e Cury *et al.* (2021), todavia, adaptadas ao contexto local do trabalho, excluindo, de maneira justificada, alguns fatores que não se aplicam à realidade estudada.

Cury *et al.* (2021) consideraram declividade, uso e cobertura de terra, altimetria e ordem dos rios como condicionantes relevantes na definição de áreas suscetíveis a inundações. Todavia, neste trabalho será analisada a suscetibilidade a alagamentos em um único bairro, logo, utilizar o parâmetro de ordem dos rios torna-se irrelevante visto que o mesmo só faria sentido na investigação de uma Bacia hidrográfica completa.

De forma semelhante, Palácio *et al.* (2021) explicaram que os dados de declividade, elevação, fluxo de água acumulada, curva número, tipo de solo e uso e ocupação do solo servem para determinar as áreas suscetíveis a alagamentos através de técnicas de geoprocessamento.

No entanto, o tipo de solo não será levado em consideração visto que segundo os trabalhos de Soares Neto *et al.* (2017) e Palácio *et al.* (2021), esta variável foi a que apresentou o menor peso. Assim como no trabalho de Cury *et al.* (2021) em que essa variável sequer foi utilizada.

Assim, para a presente investigação foram utilizadas as variáveis de uso e ocupação do solo, curva número, fluxo acumulado de água, declividade e elevação.

A esse respeito, os dados relativos a uso e ocupação do solo e curva número tem como base a imagem multiespectral com resolução de 100 m² do satélite *Sentinel 2*, na qual, inicialmente, foi realizado um processo de classificação supervisionada.

Já os dados relativos à declividade, elevação, e fluxo de água acumulado foram extraídos por meio da interpolação dos dados do MDE do bairro Tecedores, que conta com uma resolução de apenas 900 m².

De forma resumida a metodologia utilizada para a obtenção dos resultados propostos baseou-se na classificação espacial das variáveis condicionantes pertinentes ao evento estudado, por meio de um algoritmo de média ponderada.

As classes, pesos e potenciais de contribuição foram definidos tomando como base os trabalhos de Soares Neto *et al.* (2017), Palácio *et al.* (2021) e Cury *et al.* (2021). A partir disso, cada variável possui um peso condicionante que oscila de 0 a 1 de acordo com o potencial de contribuição para o evento, assim como cada uma conta com classes de contribuição que variam de peso conforme o seu potencial individual de contribuição.

3.2 ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

Diante do objetivo de manter o estudo com um baixo custo, as imagens de satélites e demais dados foram obtidas em plataformas gratuitas. Para o tratamento e a análise das variáveis, foi utilizado o *Software* livre *QGIS* 3.10.14 - *A Coruña*, enquanto que para a utilização de planilhas eletrônicas durante o desenvolvimento da pesquisa, foi empregado o *Software* livre *LibreOffice Calc* 7.2.2.2.

Valendo-se da metodologia do trabalho de Santos *et al.* (2021) como parâmetro para a simulações das técnicas de geoprocessamento, considerou-se o bairro como sendo uma sub-bacia individual.

3.2.1 Uso e ocupação do solo

Os dados relativos ao uso e ocupação do solo foram obtidos por meio do método de classificação supervisionada da imagem multi-espectral de 4 bandas, com o pacote de ferramentas do *software QGIS 3.10.14 - A Coruña*, aliada ao *plug-in Dzetsaka*.

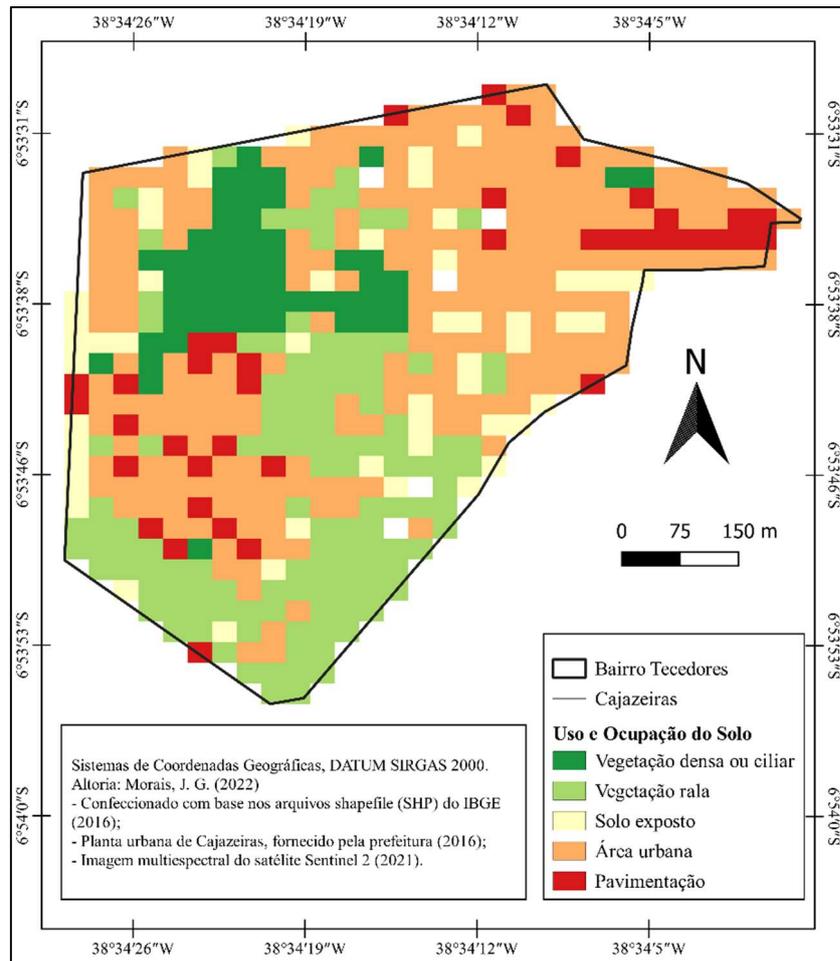
A classificação supervisionada consiste na atribuição de classes de uso e ocupação do solo através de uma amostra de *pixels* selecionados por um operador na imagem de satélite (SOUSA *et al.*, 2020), ou seja, dada a escolha de uma amostra por parte do operador para representar uma determinada classe, o geo algoritmo calcula, pelas características da amostra, quais *pixels* dentro da imagem pertencem àquela classe.

Palácio *et al.* (2021) utilizaram o método da classificação supervisionada para dividir o município de Juazeiro do Norte em classes de acordo com o uso e ocupação do solo. Utilizando uma metodologia parecida, Cury *et al.* (2021) construíram o mapa de uso e cobertura da terra que foi dividido em seis classes: área antropizada, área minerada, área urbanizada, campos de duna, massa de água e vegetação arbóreo-arbustiva.

Entretanto, para essa pesquisa uma elevada quantidade de classificações fica exagerada visto que a área de estudo é bastante reduzida se comparada a bacia hidrográfica, que foi objeto de estudo do autor anteriormente citado. Logo, foi empregada uma quantidade menor de classes e que estão alicerçadas nos estudos de Soares Neto *et al.* (2017) e Palácio *et al.* (2021), sendo elas: Vegetação densa ou ciliar, Vegetação rala, Solo exposto, Área urbanizada e Pavimentação, como pode ser observado na Figura 5.

Para a variável de “uso e ocupação do solo” o grau de influência adotado foi de 21%, em concordância com o trabalho de Palácio *et al.* (2021), todavia com adaptações para a realidade estudada.

Figura 5 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo.



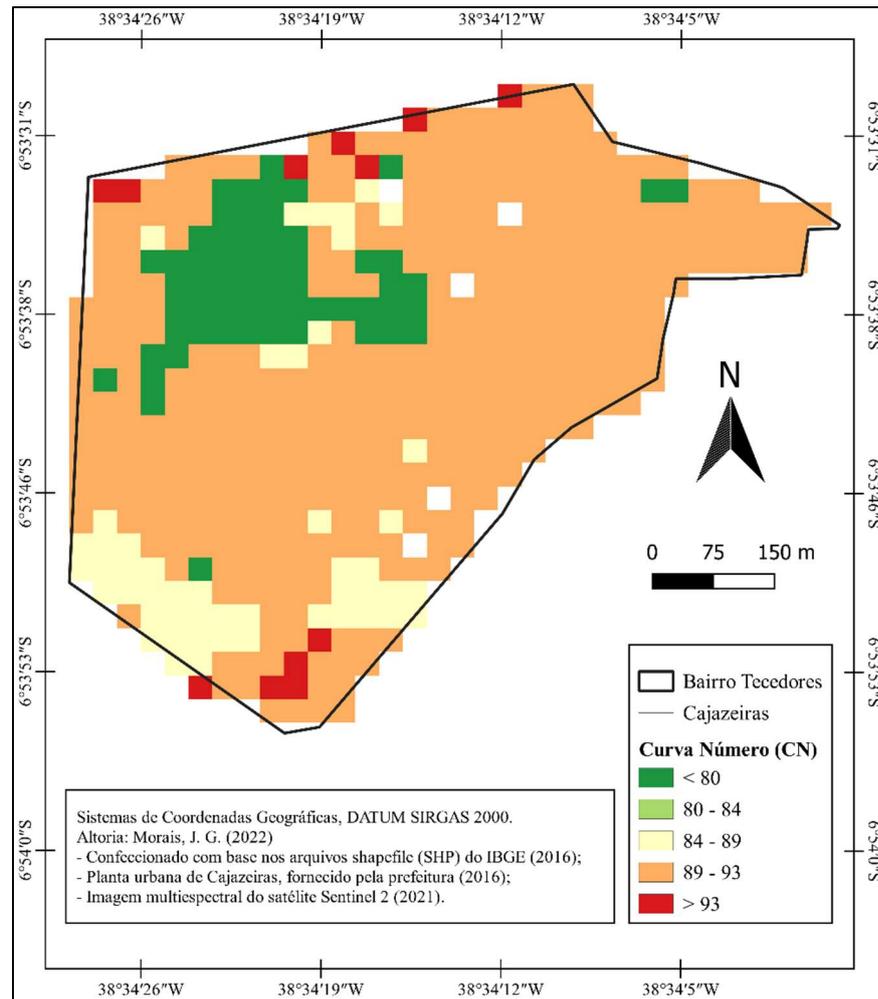
Fonte: Os autores.

3.2.2 Curva Número

Na sequência, foram obtidas as informações referentes à Curva Número (CN) em que, seguindo a metodologia proposta por Oliveira (2020), viu-se a necessidade de se utilizar a classificação de uso e ocupação do solo em uma perspectiva micro e individual para o bairro estudado. A partir disso, realizou-se uma classificação supervisionada manual, através da vetorização da área estudada com o auxílio da ferramenta SIG.

A partir do trabalho do autor mencionado, obteve-se o mapa de Curva Número (Figura 6), no qual dividiu-se o bairro em 9 classes de uso do solo. Sendo elas: Espaço aberto: Condição ruim; Espaço aberto: Condição média; Espaço aberto: Condição boa; Estacionamento pavimentado e pistas de rolamento; Ruas e estradas: com paralelepípedos; Ruas e estradas: de terra; Áreas comerciais e empresariais; Áreas residenciais (65% impermeável) e Superfície aquática. Cada uma das classes contém um valor individual de CN, como pode ser observado no Quadro 2.

Figura 6 – Mapa de Curva Número.



Fonte: Os autores.

Quadro 2 – Valores de CN.

ITEM	USO DE SOLO	Ai [m ²]	CNi
1	Espaço aberto: Condição ruim	67 803,43	89
2	Espaço aberto: Condição média	44 143,21	84
3	Espaço aberto: Condição boa	44 176,63	80
4	Estacionamento pavimentado e pistas de rolamento	2 808,58	98
5	Ruas e estradas: com paralelepípedos	29 907,77	91
6	Ruas e estradas: de terra	37 120,21	89
7	Áreas comerciais e empresariais	9 004,97	95
8	Áreas residenciais (65% impermeável)	191 843,53	92
9	Superfície aquática	282,82	100

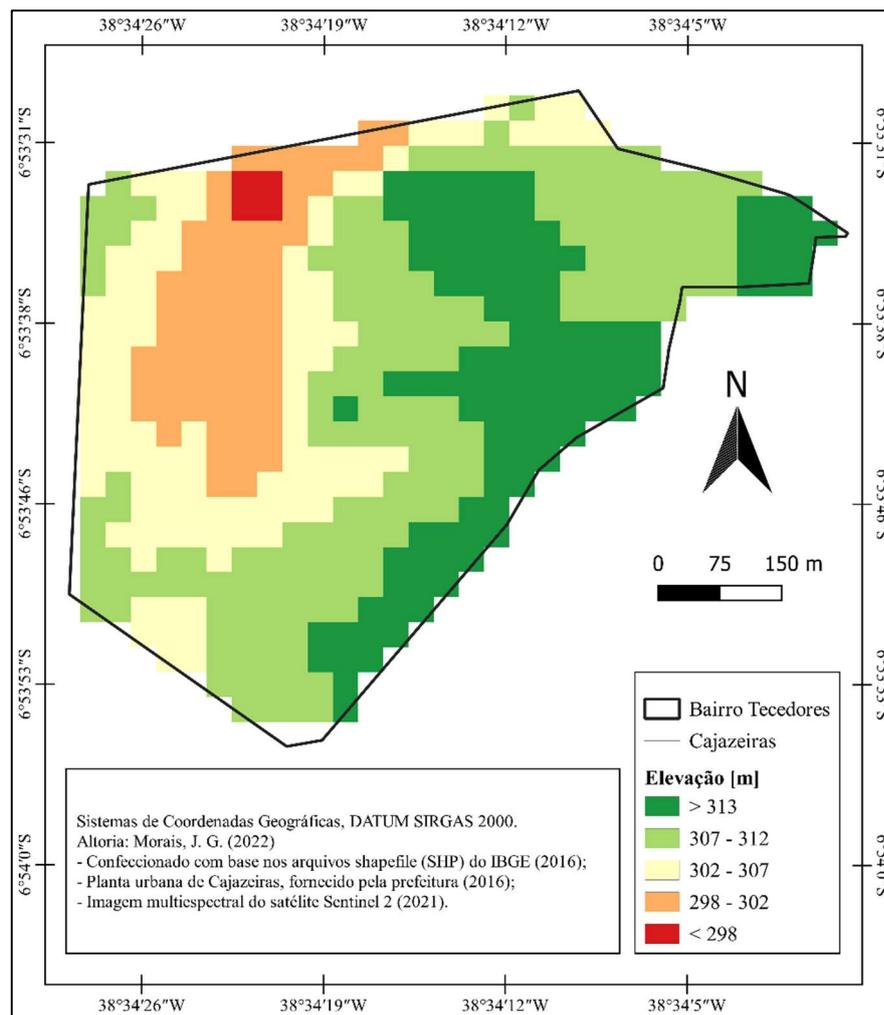
Fonte: Os autores.

Em concordância com o trabalho de Palácio *et al.* (2021), todavia com adaptações para a realidade estudada, para essa condicionante o grau de influência adotado foi de 16%.

3.2.3 Elevação

O mapa relativo à elevação, exposto na Figura 7, foi obtido por meio da discretização do MDE do município em cinco classes de cotas altimétricas.

Figura 7 – Mapa de Elevação.



Fonte: Os autores.

Para Castro *et al.* (2015) os MDEs representam a topografia, sendo que cada célula ou *pixel* tem como atributo o valor de elevação do terreno em relação a um determinado referencial. São usados em aplicações dos SIGs e estão inteiramente relacionados com a caracterização física de bacias hidrográficas e do sistema de drenagem.

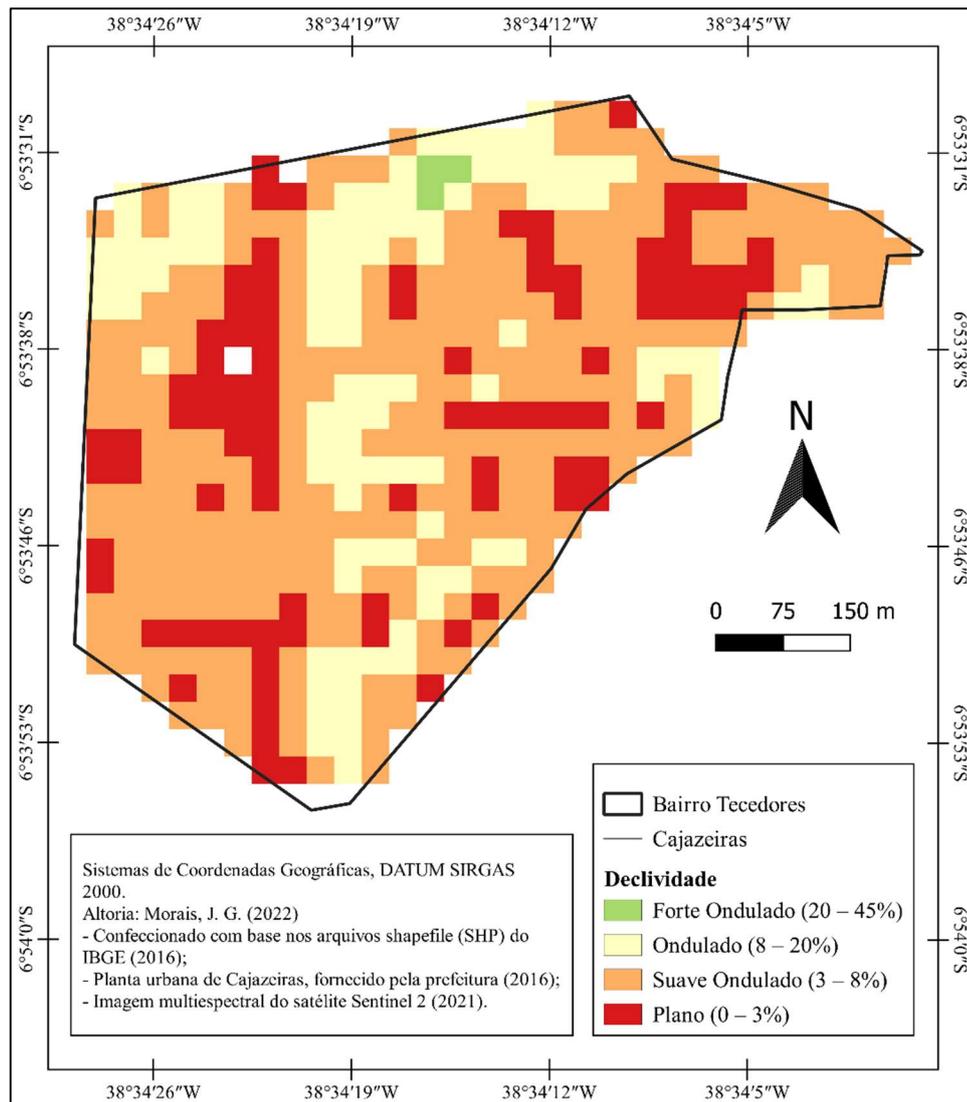
Apesar disso, em virtude de a área estudada ser consideravelmente pequena, o valor de influência aplicado a essa variável condicionante do processo de alagamento foi de 11%.

3.2.4 Declividade

Os dados relativos à declividade foram obtidos com o pacote de ferramentas do *software* QGIS 3.10.14 - *A Coruña*. Mais especificamente com a utilização da ferramenta Declividade, que se encontra no sub-menu: Análise, dentro do item “Raster” no Menu barra de ferramentas.

O mapa de declividade foi dividido em quatro classes adaptando as metodologias de Soares Neto *et al.* (2017) e Palácio *et al.* (2021), como disposto na Figura 8.

Figura 8 – Mapa de Declividade.



Fonte: Os autores.

A partir disso, tomando como base os fatores de ponderação aplicados por Palácio *et al.* (2021), essa condicionante é a mais significativa quanto ao potencial de contribuição com o processo de alagamento. Desse modo, teve 31% de grau de influência adotado.

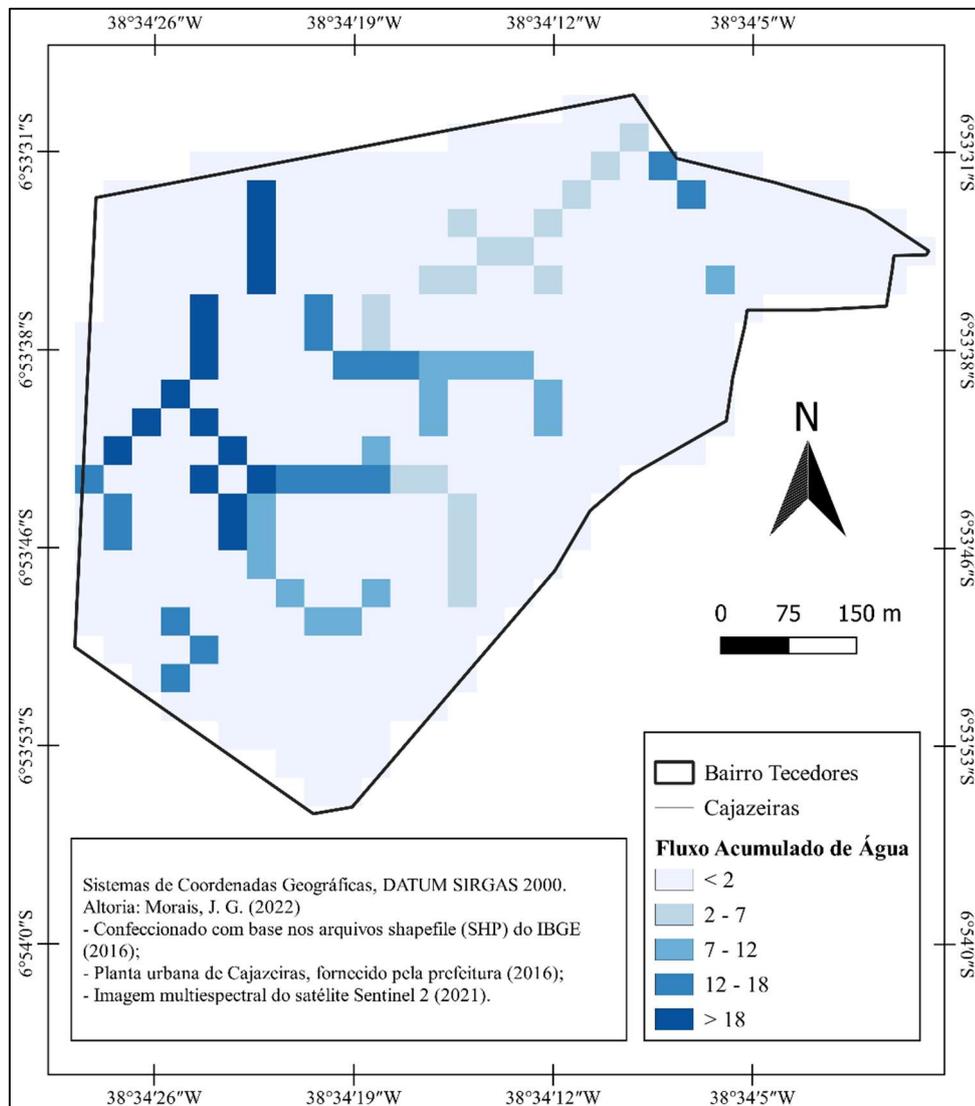
3.2.5 Fluxo acumulado de água

Na varredura da imagem, cada unidade de *pixel* contém informações sobre o número de células que fluem para um determinado ponto em comum, dessa forma, cada célula também representa um perfil de descarga individual (PALÁCIO *et al.*, 2021).

O mapa de acúmulo de fluxo, como pode ser observado na Figura 9, foi dividido em 5 classes de intensidade. Para sua geração, utilizou-se o *plug-in r.stream.extract*. Esta ferramenta encontra-se incluída no *QGIS 3.10.14 - A Coruña*, por meio do *GRASS GIS 7.8.5*.

Na referida variável 21% foi utilizado como fator de ponderação.

Figura 9 – Mapa de Fluxo Acumulado de Água.



Fonte: Os autores.

3.3 INTEGRAÇÃO DAS VARIÁVEIS

A integração das variáveis foi feita por meio da Calculadora *Raster* presente no *QGIS* 3.10.14 - *A Coruña*, entretanto, antes na sobreposição ponderada dos parâmetros, todos os mapas passaram por processo de reclassificação, com *plug-in r.recode*, em que cada *pixel* individualmente recebeu um valor baseado na capacidade de influência no fenômeno estudado. Valores estes que variam de 1 a 5, conforme mostrado na Tabela 1.

Após essa reclassificação aplicou-se o algoritmo descrito na Equação 1, resultando no mapa de suscetibilidade a alagamento (Figura 10).

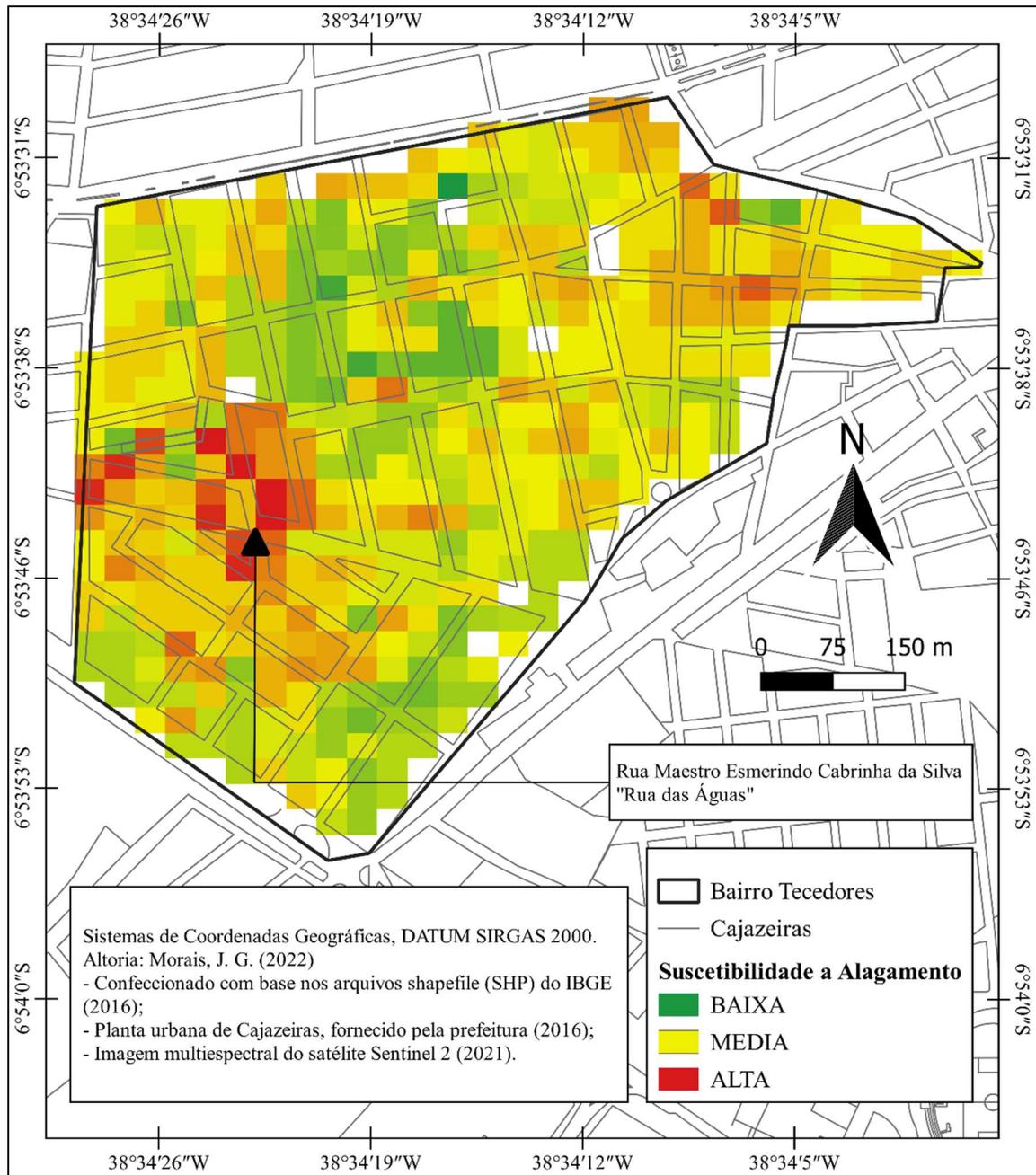
$$\begin{aligned} \text{Grau de suscetibilidade} = & (0.21 * \text{"Uso e ocupação do solo"}) + (0.16 * \text{"Curva Número"}) \\ & + (0.11 * \text{"Elevação"}) + (0.31 * \text{"Declividade"}) + (0.21 * \text{"Fluxo acumulado"}) \end{aligned} \quad (1)$$

Tabela 1 – Variáveis, Classes, Pesos das classes e Pesos das variáveis.

Variáveis	Classes	Pesos das classes	Pesos das variáveis
Uso E Ocupação Do Solo	Vegetação densa ou ciliar	1	0,21
	Vegetação rala	2	
	Solo exposto	3	
	Área urbana	4	
	Pavimentação	5	
Curva Número	< 80	1	0,16
	80 – 84	2	
	84 – 89	3	
	89 – 93	4	
	> 93	5	
Elevação	> 313	1	0,11
	307 – 312	2	
	302 – 307	3	
	298 – 302	4	
	< 298	5	
Declividade	Plano (1 - 3%)	5	0,31
	Suave Ondulado (3 - 8%)	4	
	Ondulado (8 - 20%)	3	
	Forte Ondulado (20 - 45%)	2	
Fluxo Acumulado de Água	< 2	1	0,21
	2 – 7	2	
	7 – 12	3	
	12 – 18	4	
	> 18	5	

Fonte: Adaptado de Palácio *et al.* (2017).

Figura 10 – Mapa de Suscetibilidade a Alagamentos.



Fonte: Os autores.

4 RESULTADOS DA PESQUISA

Por meio da metodologia aplicada foi possível analisar os parâmetros, tanto de maneira individual, como agrupada, devido a integração das variáveis.

Analisando inicialmente a variável “Uso e Ocupação do Solo” tem-se que aproximadamente 52% da área do bairro correspondem às áreas urbanas e/ou pavimentadas, o que contribui para o agravamento de aspectos responsáveis pelos fenômenos de alagamento.

Não obstante, a variável “Curva Número”, como um reflexo da ocupação desordenada, indica que cerca de 78% da área do bairro se encontra com $CN > 89$, isto significa que mais de 89% do volume precipitado nessas localidades escoam de forma superficial.

Na sequência, com o mapa de elevação, consegue-se perceber que a maior parte da área estudada se encontra com uma amplitude de 14 metros de elevação.

A variável “Declividade”, através do seu mapa, nos mostra que aproximadamente 77% da área do bairro conta com relevos que variam de Plano a Suave Ondulado, os quais contam com inclinações inferiores a 8%, contribuindo para uma redução na velocidade de escoamento.

A última variável é o “Fluxo Acumulado de Água”, mostra como ocorre o fluxo das águas pluviais pela área estudada, assim como o aumento da contribuição no percurso. Nos resultados apresentados no mapa é possível identificar que o fluxo da água ocorre no sentido Norte, seguindo para a zona de menor cota altimétrica.

Com a sobreposição ponderada das condicionantes, tem-se que dos 0,429 km² de área do bairro, 0,031 km² (7,23%) possuem alta probabilidade de ocorrência do fenômeno alagamentos e 0,29 km² (67,60%) de sua área e classificada como de média suscetibilidade.

Em sua maioria, regiões que são caracterizadas como sendo de alta suscetibilidade, são zonas que contam com baixa velocidade de escoamento superficial e maior concentração hídrica, possivelmente motivadas por características como: uma elevada taxa de uso de solo, menor cota altimétrica além de baixa declividade.

Tais características tendem a causar uma maior saturação do solo, interferindo na velocidade de infiltração da água. O que, de acordo com Palácio *et al.* (2021), são fatores relevantes para os alagamentos.

Assim como nos trabalhos de Soares Neto *et al.* (2017) e Palácio *et al.* (2021), o mapa relativo às zonas do bairro que podem apresentar problemas de alagamentos foi dividido em três classes de suscetibilidade: baixa, média e alta suscetibilidade.

Palácio *et al.* (2021) defendem que o mapa de suscetibilidade pode ser utilizado para direcionar ações emergenciais de reparos às áreas mais susceptíveis, além de inserir medidas que facilitem a drenagem e que reduzam o fluxo de água.

Em concordância, Cury *et al.* (2021), explicam que conhecer e visualizar onde as áreas suscetíveis aos desastres ocorrem, especialmente, na forma de mapa temático, facilita o entendimento e aumenta a percepção do problema trabalhado.

Dessa forma, o mapa gerado por técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto serve como uma ferramenta de gestão contra eventos de natureza hídrica em momento de elevada concentração de chuvas. Pois, como mostrado por Cury *et al.* (2021), o resultado obtido pelo estudo pode auxiliar no planejamento e na gestão territorial dos municípios.

5 CONCLUSÃO

As variáveis condicionantes dos fenômenos de alagamentos foram processadas por meio de geotecnologias como o *software QGIS 3.10.14 - A Coruña* que, com seus *plug-ins* e complementos, possibilitou a criação de mapa de suscetibilidade a alagamentos da área estudada.

Por meio deste mapa, constatou-se que o bairro Tecedores em Cajazeira-PB corresponde, possivelmente, a um bairro de média a alta suscetibilidade a alagamentos.

Tal fato pode ser constatado empiricamente em épocas chuvosas, principalmente na região mais avermelhada do mapa de suscetibilidade a alagamentos (Figura 10), na qual se encontra a porção sul da rua Maestro Esmerindo Cabrinha da Silva, conhecida popularmente como “Rua das Águas”.

Este resultado é o reflexo dos critérios físicos da região, como: baixas declividades, elevada impermeabilidade em virtude das alterações antrópicas; possuir valores consideravelmente elevados de curva número em grande parte da área do bairro. O que tende a proporcionar, muitas vezes, escoamentos acima do suportado pelo sistema de drenagem.

Por fim, concluiu-se que os resultados obtidos por meio desse estudo mostraram que a integração ponderada de dados com uso de geotecnologias contribui de forma eficiente na determinação de áreas com potencial de alagamento.

A partir disso, acredita-se que essa metodologia é tecnicamente capaz de identificar pontos susceptíveis a alagamentos, dessa forma contando com o potencial de auxiliar no planejamento de ações corretivas.

O método aplicado nesse trabalho pode ser otimizado com a utilização de mais variáveis que possam caracterizar melhor o estado de uma localidade. Para uma área de estudo que contemple um município inteiro, pode-se adicionar a variável correspondente ao tipo do solo, visto que em grandes áreas tende-se a ter uma variação maior nessa condicionante. Já em áreas ainda maiores, tais como Bacias Hidrográficas, pode ser adicionada uma variável correspondente a Ordem dos Rios em detrimento, ou não, do Fluxo Acumulado de Água.

REFERÊNCIAS

- AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DA PARAÍBA. **METEOROLOGIA – CHUVAS**. Disponível em: aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/?formdate=2022-02-11&produto=municipio&periodo=anual. Acesso em: 11 fev. 2022.
- ALVES, J; SILVA, E; SOMBRA, S; BARBOSA, A; DOS SANTOS, A; LIRA, M. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 227-233, mar. 2017. Disponível em: doi.org/10.1590/0102-77863220012. Acesso em: 06 mar. 2022.
- ARAÚJO, L. **Produção imobiliária e novas dinâmicas de expansão urbana em Patos e Cajazeiras (PB)**. 2017. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017. Disponível em: repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/12778. Acesso em: 15 nov. 2021.
- ARAÚJO, L; SOUSA, F; RIBEIRO, M; SANTOS, A; MEDEIROS, P. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 23, n. 2, p. 162-169, 2008. Disponível em: doi.org/10.1590/S0102-77862008000200005. Acesso em: 06 mar. 2022
- AZERÊDO, J. **Verde que te quero confortável: a contribuição da arborização urbana para o conforto termoambiental, ao nível do usuário pedestre**. 2017. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Urbano) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017. Disponível em: repositorio.ufpe.br/handle/123456789/30475. Acesso em: 21 jan. 2022.
- CALDANA, N; YADA JUNIOR, G; MOURA, D; COSTA, A; CARAMORI, P. Ocorrências de alagamentos, enxurradas e inundações e a variabilidade pluviométrica na Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 23, p. 343-355, jul./dez. 2018. Disponível em: dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0.60584. Acesso em: 06 mar. 2022
- CASTRO, C; LIMA, D; COSTA, A; PAZ, A. Processamento de modelo digital de elevação para estimativa do tempo de percurso do escoamento superficial. in: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais XVII SBSR**, João Pessoa: INPE, 2015. Disponível em: dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1360.pdf. Acesso em: 15 dez. 2021.
- CEPDEC/ES - Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Espírito Santo. **Defesa Civil Espírito Santo**, 2016. Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade). Disponível em: defesacivil.es.gov.br/Media/DefesaCivil/Publicacoes/Simbologia%20dos%20Desastres.pdf. Acesso em: 13 nov. 2021.
- DIACONU, D; COSTACHE, R; POPA, M. *An overview of flood risk analysis methods*. **Water, Switzerland**, v. 13, n. 4, fev. 2021. Disponível em: doi.org/10.3390/w13040474. Acesso em: 24 jan. 2022.

ENCHENTE, Inundação, Alagamento e Enxurrada. **Oficina de Textos**. São Paulo. 12 set. 2017. Disponível em: ofitexto.com.br/comunitexto/enchentes-inundacao-alagamento-e-enxurradas/. Acesso em: 14 fev. 2022.

CURY, M; LADWING, N; MENEGASSO, J; SUTIL, T; CONTO, D. Mapeamento de áreas suscetíveis à inundação como informação para o planejamento e a gestão territorial em bacia hidrográfica. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia-MG, v. 22, n. 83, p. 160-175, out. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/RCG228356231>. Acesso em: 29 nov. 2021.

FARIAS, E; QUINELATO, R; BRITO, J; ANDRADE, D; SILVA, J. Evolução temporal no uso e ocupação do solo no município de Itanhém, Bahia. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 9161-9130, fev. 2020. Disponível em: brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/7181/6262. Acesso em: 08 nov. 2021.

FLORENZANO, T. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 9-18.

FRANCISCO, P; SANTOS, D. **Climatologia do Estado da Paraíba**. 1 ed. Campina Grande: EDUFPG, 2017. Disponível em: educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/573985/2/Climatologia%20do%20Estado%20da%20Paraiba.pdf. Acesso em: 11 fev. 2022.

GOOGLE Earth. **O globo terrestre mais detalhado do mundo**. 2022. Disponível em: earth.google.com/web/@-6.89516668,-38.57079033,311.24395475a,1405.99675105d,35y,-4.42382839h,0.15796947t,0r. Acesso em: 12 fev. 2022

GONÇALVES, N. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. in: MONTEIRO, C; MENDONÇA, F (org.). **Clima Urbano**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2021. cap. 3, p. 69-91.

BERTONI, J; TUCCI, C. Precipitação. in: TUCCI, C (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRS, ABRH, 2015. cap. 5, p.177-241.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama Municipal**. 2020. Disponível em: cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/cajazeiras/panorama. Acesso em: 17 dez. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Tabela 2245 - Número de municípios, total e os que sofreram inundações ou enchentes nos últimos cinco anos, por fatores agravantes**. 2008. Disponível em: sidra.ibge.gov.br/tabela/2245. Acesso em: 24 jan. 2021.

INMET – Instituto Nacional De Meteorologia. **Clima**. Disponível em: clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/PB/82689. Acesso em: 10 fev. 2022

LICCO, E; DOWELL, S. Alagamentos, Enchentes Enxurradas e Inundações: Digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança. **Revista Iniciação**. v. 5, n. 3, dez. 2015. Disponível em: sp.senac.br/blogs/revistainiciacao/wp-content/uploads/2015/12/110_IC_artigo-.pdf. Acesso em: 06 mar. 2022

MARCONI, M; LAKATOS, E. **Fundamentos de metodologia científica**. 5 .ed. São Paulo: Atlas, 2003. p. 95.

OLIVEIRA, A. **Análise da relação entre urbanização e escoamento superficial direto através do Método Soil Conservation Service**. TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras - PB, 2020. Disponível em: repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/1405. Acesso em: 07 nov. 2021.

PALÁCIO, O; OLIVEIRA, C; MEIRELES, A; SOUZA JÚNIOR, T. Análise de Suscetibilidade a Alagamento em Juazeiro do Norte. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 14, n. 4, p. 2204-2219, 2021. Disponível em: doi.org/10.26848/rbgf.v14.4.p2204-2219. Acesso em: 29 out. 2021.

PMC - Prefeitura Municipal de Cajazeiras. **Dados do município/localização**. 2021. Disponível em: cajazeiras.pb.gov.br/omunicipio.php. Acesso em: 17 dez. 2021.

SANTOS, J. VÍDEO: Moradores convivem com esgoto ao céu aberto e reclamam do descaso da prefeitura de Cajazeiras. **Diário do Sertão**, Cajazeiras – PB, maio 2021. Disponível em: diariodosertao.com.br/noticias/529290/video-moradores-convivem-com-esgoto-ao-ceu-aberto-e-reclamam-do-descaso-da-prefeitura-de-cajazeiras.html. Acesso em: 30 jan. 2022

SANTOS, K; RUFINO, I; BARROS FILHO, M. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande - PB. **Eng Sanit Ambient**, v.22, n.5, p.943-952, set./out. 2017. Disponível em: doi.org/10.1590/S1413-41522016146661. Acesso em: 07 out. 2021.

SANTOS, R. Cálculo da chuva intensa pelo método das Isozonas para cidades do estado da Paraíba. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 19, n. 2, p. 1334-1343, mai./ago. 2015. Disponível em: researchgate.net/publication/335229720_Calculo_da_chuva_intensa_pelo_metodo_das_Isozonas_para_cidades_do_estado_da_Paraiba. Acesso em: 06 mar. 2022

SATIRO, R; LIMA, R; SOUSA, F; DUARTE, F; SOUSA, F. Drenagem urbana de águas pluviais: cenário atual do sistema da cidade de Cajazeiras-pb. *in*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE, 1.; CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 3., 2019, Campina Grande. **Anais I CONIMAS e III CONIDIS**. Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: editorarealize.com.br/artigo/visualizar/63459. Acesso em: 10 nov. 2021.

SOARES NETO, G; BAYMA, A; BABINSKI NETO, A; ROIG, H; MENEZES, P. Análise de suscetibilidade a alagamento na bacia hidrográfica do Riacho Fundo - Distrito Federal, por meio de Sistemas De Informação Geográfica – SIG. 2017. **Territorium**, v. 24, p. 77-87, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.14195/1647-7723_24_6. Acesso em: 08 nov. 2021.

SOUZA, A. **Análise das inundações a partir de atributos hidro-climatológicos e ambientais na bacia hidrográfica do Rio Peixe-PB**. 2013. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. Disponível em: repositorio.ufc.br/handle/riufc/17641. Acesso em: 18 dez. 2021.

SOUSA, B; NOGUEIRA NETO, C; BARROZO, G; PEREIRA, B; SILVA, J; ABREU, A. Análise do crescimento urbano da cidade de Cajazeiras-PB através de imagens do RapidEye. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 65020-65033, sep. 2020. Disponível em: www2.ufsb.edu.br/cfcam/images/ppgcta/7181-18976-1-PB.pdf. Acesso em: 08 nov. 2021.

TOPODATA - Banco de dados geomorfométricos do Brasil. **INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: dsr.inpe.br/topodata/. Acesso em: 15 dez. 2021.