

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
BAHIA, CAMPUS VITÓRIA DA CONQUISTA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

KLAUS CARDOSO OLIVEIRA LIMA

**USO DO MÉTODO PROCESSO DE HIERARQUIA ANALÍTICA (AHP) PARA
DETERMINAR ÁREAS SUSCETÍVEIS A ALAGAMENTO E INUNDAÇÃO EM
JEQUIÉ- BA**

Orientador: Dr. Carlos Amilton Silva Santos

Co-Orientador: Dr. Walmir Belinato

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA
BAHIA, CAMPUS VITÓRIA DA CONQUISTA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

KLAUS CARDOSO OLIVEIRA LIMA

**USO DO MÉTODO PROCESSO DE HIERARQUIA ANALÍTICA (AHP) PARA
DETERMINAR ÁREAS SUSCETÍVEIS A ALAGAMENTO E INUNDAÇÃO EM
JEQUIÉ- BA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), campus Vitória da Conquista, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Dr. Carlos Amilton Silva Santos

Co-Orientador: Dr. Walmir Belinato

L732u Lima, Klaus Cardoso Oliveira

Uso do método processo de hierarquia analítica (AHP) para determinar áreas suscetíveis a alagamento e inundação em Jequié-BA./ Klaus Cardoso Oliveira Lima. - - Vitória da Conquista- BA, 2023.

68f.: il.: color.

Orientador: Carlos Amilton Silva Santos
Coorientador: Walmir Belinato

Projeto Final de Curso (Graduação) Engenharia Ambiental- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus de Vitória da Conquista - BA, 2023.

1. Mapeamento de suscetibilidade a inundações. 2. Sistemas de informação geográficas. 3. Análise multicritério. I. Santos, Carlos Amilton Silva. II. Belinato, Walmir. III. Título.

CDD:910.2851

Catálogo na fonte: Sônia Iraína Roque Andrade – CRB 5/1203
IFBA – Campus Vitória da Conquista – BA

KLAUS CARDOSO OLIVEIRA LIMA

**USO DO MÉTODO PROCESSO DE HIERARQUIA ANALÍTICA (AHP)
PARA DETERMINAR ÁREAS SUSCETÍVEIS A ALAGAMENTO E
INUNDAÇÃO EM JEQUIÉ- BA**

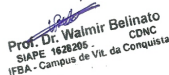
A presente Monografia, apresentada em sessão pública realizada em vinte de Dezembro de 2022, foi avaliada como adequada para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Ambiental, julgada e aprovada em sua forma final pela Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Vitória da Conquista.

Data da Aprovação: 20 de Dezembro de 2022

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Carlos Amilton Silva Santos
Orientador – IFBA Campus Vitória da Conquista



Prof. Dr. Walmir Belinato
CDNG
SIAPE 1628205
IFBA - Campus de Vit. da Conquista

Prof. Dr. Walmir Belinato
Co Orientador – IFBA Campus Vitória da Conquista



Prof. Dr. Felizardo Adenilson Rocha
IFBA Campus Vitória da Conquista



Prof. Msc. Gislan Silveira Santos
IFBA Campus Vitória da Conquista

Vitória da Conquista, 20 de Dezembro de 2022

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha família, minha noiva e meus amigos que sempre estiveram presentes me encorajando e me apoiando a continuar esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente e sempre, agradeço a Deus, pois, somente Ele nos possibilita vencer os desafios da vida.

Agradeço aos meus pais Pollyana Cardoso Oliveira e Roque Lima Souza, minha avó Maria Dolores Lima Cardoso, minha tia Maria das Graças Lima Cardoso, meu irmão Yann Cardoso O. Lima, minha noiva Lorena Santos Meira e Jozelia dos Santos, que sempre foi como uma mãe para mim. Juntos foram minha base, minha estrutura e incentivo para os meus estudos, estando presente, mesmo à distância, nesta etapa da minha vida.

Agradeço, em especial, ao professor e orientador Dr. Carlos Amilton Silva Santos, que me acolheu, dando a oportunidade e orientação na conclusão de um sonho. Agradeço a amizade, dedicação, profissionalismo, atenção e empenho. Sou muito grato por sua confiança e ensinamentos que hoje fazem parte da minha caminhada.

Aos professores que compuseram as bancas de defesa, pelas inferências que contribuíram para que a monografia final apresentasse um nível ainda mais elevado.

Aos demais professores do curso de Engenharia Ambiental do IFBA – Campus Vitória da Conquista que, durante estes cinco anos de formação, transmitiram seus conhecimentos e sabedorias, com muita paciência e dedicação.

Agradeço aos meus amigos Alex França, Gabriella Stefanni, Hugo Prado, Victor Henrique e Yves Gabriel, pelos inúmeros trabalhos e disciplinas realizados juntos, pela amizade e pelo apoio.

Por fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que esse trabalho fosse concluído.

EPÍGRAFE

"Não podemos prever o futuro, mas
podemos criá-lo" – Peter Drucker

RESUMO

O crescimento populacional traz consigo diversos desafios para a infraestrutura dos municípios tendo como um dos principais o uso e ocupação do solo o que pode acarretar diversos problemas como por exemplo os alagamentos e inundações que afetam diversos setores de forma direta e indireta. Nesse contexto o trabalho tem como objetivo apresentar as áreas com potenciais de alagamento e inundação dentro do município de Jequié, no estado da Bahia utilizando a análise de multicritério PROCESSO DE HIERARQUIA ANALÍTICA (AHP). Na análise hierárquica de processo, as variáveis que foram analisadas são a altimetria, declividade, uso e ocupação do solo e pedologia tendo como resultado a álgebra dos mapas. Com a aplicação de Geoprocessamento, realizado por meio de um processo de vetorização, pode-se calcular as áreas com maior probabilidade de ocorrência desses fenômenos. No qual, identificou as áreas com potenciais a esse risco dentro do município de Jequié-BA dando um punho a engenharia e políticas públicas para solucionar e prever problemas decorrentes as inundações.

Palavras chaves: Mapeamento de suscetibilidade a inundações; sistemas de informação geográficas; análise multicritério; hidrografia.

ABSTRACT

Population growth brings with it several challenges for the infrastructure of municipalities, one of the main ones being the use and occupation of the land, which can lead to several problems, such as floods that affect various sectors directly and indirectly. In this context, the objective of this work is to present the areas with potential flooding within the municipality of Jequié, in the state of Bahia, using the multicriteria analysis ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP). In the hierarchical analysis of the process, the variables that must be analyzed are altimetry, slope, land use and occupation and pedology, resulting in the algebra of the maps. With the application of Geoprocessing, carried out through a vectorization process, it is possible to calculate the areas with the greatest probability of occurrence of these phenomena. In which, it identified areas with potential for this risk within the municipality of Jequié-BA, giving a fist to engineering and public policies to solve and predict problems arising from floods.

Palavras chaves: Flood susceptibility mapping; Geographic Information Systems; multicriteria analysis; hydrography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perfil Esquemático de enchente, inundação e alagamento	17
Figura 2 - Perfil esquemático do processo de inundação	19
Figura 3 - Estrutura Geral de Sistema de Informação Geográfica	20
Figura 4 - Estrutura hierárquica de problemas de decisão pelo AHP.....	21
Figura 5 - Estrutura hierárquica de problemas de decisão pelo AHP.....	24
Figura 6 - Mapa de localização do município de Jequié – BA.....	25
Figura 7 - Aplicação da fórmula SIA no QGIS	36
Figura 8 - Mapa de uso e ocupação do solo de Jequié-BA.....	38
Figura 9 - Mapa pedológico de Jequié-BA.....	39
Figura 10 - Mapa hipsométrico de Jequié-BA	41
Figura 11 - Curva hipsométrica	43
Figura 12 - Mapa de declividade de Jequié-BA	44
Figura 13 - Mapa de suscetibilidade a inundação de Jequié-BA.....	46
Figura 14 - Mapa de suscetibilidade a inundação no perímetro urbano de Jequié-BA.....	47
Figura 15 - Mapa de validação da metodologia	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Revisão bibliográficas das principais variáveis ligadas a inundação de rios	23
Quadro 2 - Fonte de dados utilizados	26
Quadro 3 - Definição dos critérios avaliativos para uso e ocupação do solo	28
Quadro 4 - Dados do Modelo de Elevação Digital (MDE) do município de Jequié-BA	29
Quadro 5 - Reclassificação das classes das variáveis.....	31
Quadro 6 - Matriz de julgamento paritário – AHP	32
Quadro 7 - Matriz de julgamento paritária - AHP	33
Quadro 8 - Valores de IR para matrizes quadradas de ordem n	34
Quadro 9 - Cálculos método AHP, parte 1	34
Quadro 10 - Cálculos método AHP, parte 2.....	35
Quadro 11 - Pesos relativos dos critérios estabelecidos	37
Quadro 12 - Quantificação do uso e ocupação do solo de Jequié-BA em 2021.....	38
Quadro 13 - Quantificação da pedologia de Jequié-BA em 2021	40
Quadro 14 – Cálculo da curva hipsometria de Jequié-BA em 2021	42
Quadro 15 - Quantificação da declividade de Jequié-BA em 2021	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SUDEC - Superintendência de Proteção e Defesa Civil da Bahia
CNM - Confederação Nacional de Municípios
AHP - Processo de Hierarquia Analítica
SIG – Sistema de Informações Geográficas
MCP - Matriz de Comparação de Paridade
MDE – Modelo Digital de Elevação
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
RC - Razão de Consistência
SL – Soma da Linha
w – Autovetor
n - Número de Fatores Testados (número de colunas ou linhas)
SLT – Soma Total da Linha
PV - Produto Vetorial
 λ - Lâmbida
 $\lambda_{máx}$ - Lâmbida Máximo ou Autovalor
IC - Índice de Consistência
IR - Índice Randômico
 w_i - Pesos Calculados
SIA - Suscetibilidade a inundação e alagamento
PCU - Pesos classes de uso e ocupação do solo
PCP - Pesos classes de pedologia
PCH - Pesos classes de hipsometria
PCD - Pesos classes de declividade
SIBCS - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
P - Argissolo
C – Cambissolo
L - Latossolo
T – Luvissole
R - Neossolo

S – Planossolo

% - Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	INUNDAÇÃO, ALAGAMENTO E ENCHENTE	17
3.2	OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÃO NO MEIO URBANO.....	18
3.3	SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG).....	19
3.4	MÉTODOS PROCESSO DE HIERARQUIA ANALÍTICA (AHP).....	21
3.5	SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS.....	22
4	METODOLOGIA.....	24
4.1	ÁREA DE ESTUDO	25
4.2	COLETA DE DADOS	26
4.3	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	27
4.3.1	Uso e ocupação do solo	27
4.3.2	Declividade e altimetria.....	29
4.3.3	Pedologia	30
4.4	RECLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS	30
4.5	MÉTODO AHP	32
4.5.1	Aplicação do método Processo de Hierarquia Analítica (AHP).....	32
4.5.2	Álgebra dos mapas	35
4.6	MAPA DE RISCO	36
4.7	VALIDAÇÃO	36
5	RESULTADO E DISCUSSÕES.....	37
5.1	PESOS ENCONTRADOS	37

5.2	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	37
5.3	PEDOLOGIA	39
5.4	HIPSOMETRIA	41
5.5	DECLIVIDADE	43
5.6	SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÃO, ALAGAMENTO.....	45
5.7	VALIDAÇÃO DOS MAPAS DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES	48
6	CONCLUSÕES.....	49
	REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

À medida que a população dos municípios brasileiros cresce ela traz consigo desafios para a infraestrutura. O estado da Bahia possui 14.985.284 habitantes, sendo 72,07% residem na zona urbana enquanto 27,93% moram na zona rural, segundo a estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022) para o ano de 2021, tendo um crescimento de 968.387 quando comparado ao último censo feito em 2010 (IBGE, 2022).

O processo de urbanização sem o devido planejamento para o uso e ocupação do solo, implicam em modificações nas respostas hidrológicas das áreas urbanizadas, manifestado com aumento do escoamento superficial e redução na infiltração da água (FONTES; BARBASSA, 2003). Segundo Sousa e Gonçalves (2018) algumas das consequências ligadas ao aumento do escoamento da água (inundações) ocorre pela destruição da infraestrutura urbanas; perdas materiais e humanas; propagação de doenças por veiculação hídrica e perda de atividade econômica nas áreas afetadas. As inundações afetam diversos setores de forma indireta, ocasionando prejuízos financeiros para a cidade, diminuindo a renda da região, quando de forma direta, por exemplo, a morte (SOUZA; GONÇALVES, 2018). Em que se torna complexo a questão monetária para o governo, por envolver o fator vida e bem-estar da população.

A Bahia, apesar de estar situada no Nordeste, possui um histórico de chuvas intensas que variam de acordo ao período do ano. No período de dezembro de 2021 a janeiro de 2022 com as chuvas intensas ocorreu um cenário crítico em relação as inundações, atingindo principalmente a região sul/sudeste do estado (CNN, 2021). De acordo a Superintendência de Proteção e Defesa Civil da Bahia (Sudec, 2022) até o dia 07/01/2022 os 175 municípios foram afetados, sendo 164 com decreto de emergência com 26.534 desabrigados, 61.551 desalojados, 2 desaparecidos, 26 mortos e 520 feridos chegando ao total 850.325 pessoas atingidas. Segundo o levantamento efetuado pela Confederação Nacional de Municípios (CNM), o prejuízo pode ter chegado a 1,61 bilhões de reais.

Para Silva (2019), entender o comportamento hidrológico possibilita analisar a relação do regime de vazões, estrutura e o funcionamento do ecossistema influenciadas por tal regime, ajudando a entender o ecossistema. Apesar disso, o mais relevante é poder prever acontecimentos futuros ocasionados pela ação antrópica e a variabilidade climática. Através desse conhecimento, é possível buscar soluções para mitigar possíveis impactos negativos.

Nesse cenário, o uso de geotecnologias pode ser um forte aliado na gestão hídrica dos municípios devido aos métodos que podem ser utilizados para mapeamento de áreas com potencial de inundação, aprimorando o diagnóstico e a análise dos riscos (FERRAZ *et al.*, 2018). Um desses métodos é o AHP – Processo de Hierarquia Analítica que tem por objetivo auxiliar na resolução de problemas baseando no estabelecimento de uma sequência lógica de multicritérios, diminuindo a subjetividade (FRANCO, 2021).

Diante do exposto, em conjunto com as carências de gerenciar melhor a rede hídrica dentro do estado da Bahia, demonstra-se a importância da realização de estudos sobre o tema e a propagação dessas metodologias para orientar os gestores públicos no direcionamento das ações.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Identificar as áreas com maiores potenciais de inundações e alagamento no município de Jequié-BA por meio do método Processo de Hierarquia Analítica (AHP).

2.2 Objetivo específico

- Confeccionar mapas de pedologia; uso e ocupação do solo; declividade e altimetria;
- Realizar a análise de suscetibilidade quanto ao risco de inundação e alagamento;
- Elaborar mapa identificando as regiões com suscetibilidade a inundação e alagamento.

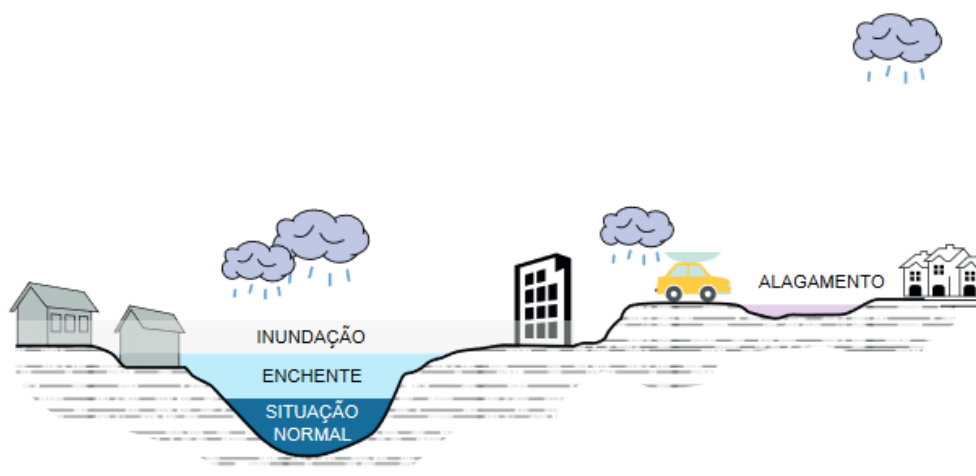
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Inundação, alagamento e enchente

A compreensão da definição de inundação, alagamento e enchente é de suma importância, pois, cada fenômeno tem as suas peculiaridades.

Portanto, podemos definir enchente como o aumento do nível d'água temporariamente no canal fluvial em razão do aumento da vazão, conseqüentemente elevando a sua cota até o nível máximo sem transbordamento (LICCO; DOWELL, 2015), enquanto inundação decore do transbordamento do canal, atingindo as áreas marginais. Por último temos o alagamento que resulta do acúmulo momentâneo de água devido a insuficiência do sistema de drenagem naquela área (GERHEIM, 2016) conforme a figura 01:

Figura 1 - Perfil Esquemático de enchente, inundação e alagamento



Fonte: Proteção e Defesa Civil de São Bernardo do Campo apud CPRM (2017)

Esses fenômenos hidrológicos podem afetar diretamente os aspectos ambientais, setores econômicos e sociais de uma região. Portanto, é necessário estudar e monitorar o comportamento deles para compreender e minimizar os impactos causados.

O planejamento adequado para evitar possíveis inundações passa pelo controle do uso e ocupação do solo, redes de drenagem eficazes, descarte adequado de resíduos, além de compreender o comportamento das precipitações. À medida que a população aumenta, o uso e a ocupação do solo apresentam enormes desafios para os gestores das cidades, pois é necessário planejamento para acomodar todas as necessidades da população.

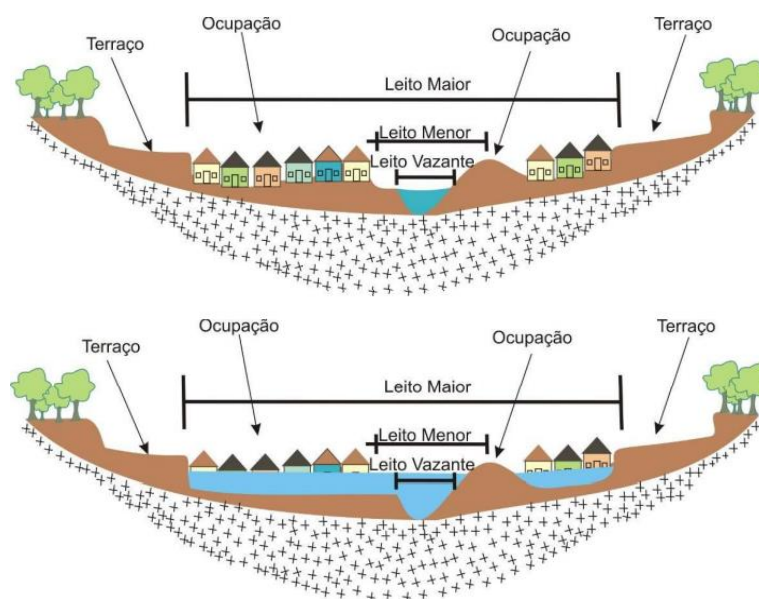
3.2 Ocorrência de inundação no meio urbano

No Brasil a ocorrência de inundações vem aumentando nos últimos anos, podendo atribuir esse fato a urbanização desordenada e pela impermeabilidade do solo, ocupação de áreas de risco entre outros fatores (GOERL; KOBAYAMA; PELLERIN, 2021). A ocorrência desse fenômeno sucede em períodos de chuvas intensas, no qual a vazão de um córrego ou rio é aumentada. Este canal acaba transbordando devido à chuva ocorrendo a ocupação da faixa lateral do canal nomeado como várzea ou zona de inundação natural (BENIN; ROSIN, 2017).

Segundo Canholi (2005), refere-se à ocupação urbana como um dos fatores responsáveis por inundações, que ocorrem de jusante a montante nos leitos dos rios. Soma-se a isso a influência da aceleração do escoamento, com o efeito de reduzir os espaços naturais a jusante. Dessa forma, quanto maior a duração e intensidade das chuvas, maior o pico de vazão a jusante, afetando regiões que antigamente não eram afetadas por este evento.

De acordo com BORGES e FERREIRA (2019) cada canal possui uma dinâmica hidrogeomorfológica que influencia na largura do rio, onde os leitos são associados a períodos chuvosos e secos, sendo que leito vazante correspondente ao fluxo normal durante o ano. À medida que a precipitação aumenta, temos o leito menor e maior conforme a figura 02:

Figura 2 - Perfil esquemático do processo de inundação



Fonte: Pedro e Nunes (2012)

As inundações são causadas pela impermeabilização do solo, construção de centros urbanos, alteração dos cursos do rio e má drenagem urbana em áreas propícias naturalmente a enchentes, além do aumento do escoamento superficial em períodos de alta pluviosidade (BENIN; ROSIN, 2017).

As inundações em áreas ribeirinhas são propensas por estarem muito próximas aos cursos d'água, tendo como fator principal a geomorfologia da região ao invés da ação humana. Enquanto as inundações localizadas são causadas pelas ações antrópicas nas drenagens, como redução dos leitos fluviais em pontes, bueiros e aterros (SOUZA; GONÇALVES, 2018).

3.3 Sistema de informações geográficas (SIG)

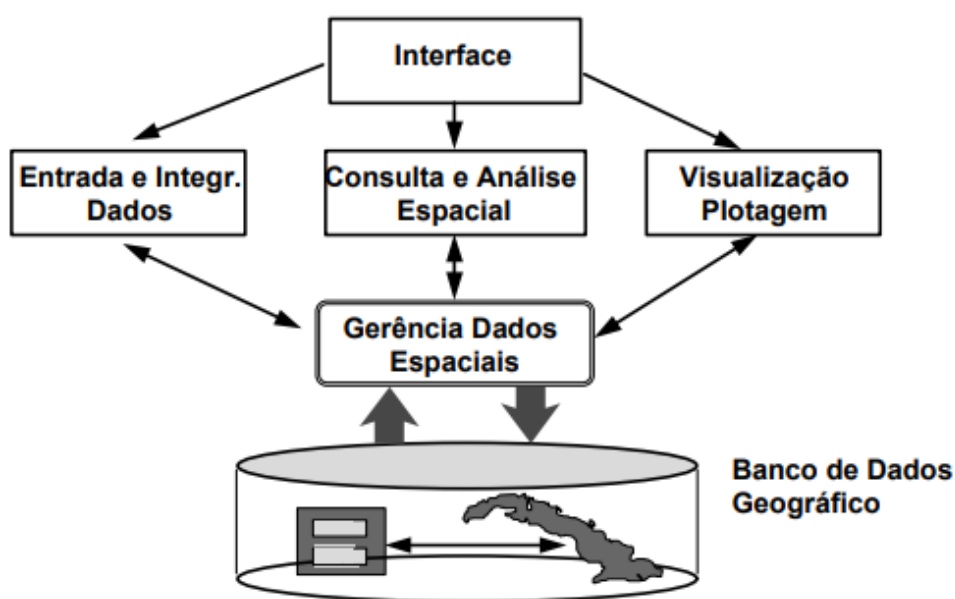
Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um conjunto de ferramentas computacionais composto por técnicas, programas e dispositivos que juntos permitem o tratamento de dados coletados de diferentes fontes e armazenamentos dessas informações em dados georreferenciados (MACEDO; MENDES; COSTA, 2018).

Com relação ao armazenamento, Filho, Vendrame e Carvalho (2007) observam que o SIGs pode armazenar informações sobre atributos espaciais e não espaciais para modelagem de

cenários em uma variedade de aplicações, incluindo ambientais. Permitindo ao usuário uma tomada de decisão, associada a diversos parâmetros.

Na Figura 3, Câmara et al. (2019) mostra os componentes referente a um SIG, que de uma forma geral, relacionam de forma hierárquica. As funções de processamento do SIGs ocorrem na área de trabalho da memória principal (banco de dados), enquanto suas interações e funções de processamentos acontece por mecanismo de seleção e consulta que definem os limites do conjunto de dados a serem visualizados ou plotados.

Figura 3 - Estrutura Geral de Sistema de Informação Geográfica



Fonte: Câmara et al. (2001)

Em outras palavras, podemos definir SIGs como uma sequência de operações ordenadas. Portanto, é um sistema de apoio à decisão que integra dados referenciados espacialmente em um ambiente de soluções e respostas a problemas (BARBOSA; FONSECA, 2017).

Devido à dinâmica e complexidade do espaço urbano, as geotecnologias trazem uma contribuição positiva para o planejamento urbano. Segundo Câmara et al. (1996), indica que “a utilização do SIG para aplicações sócio-econômicas tanto podem ser realizadas com o objetivo de planejamento (análise preliminar), quanto de avaliação de mudanças em uma região em resposta a uma determinada política (análise posterior)”.

Assim, o uso de ferramentas SIGs utilizadas em estudos socioambientais permite uma abordagem espacial de forma holística de várias cartas temáticas. Além disso, permite a criação simultânea de diferentes cenários na tomada de decisão, o que torna esta ferramenta muito importante.

3.4 Métodos Processo de Hierarquia Analítica (AHP)

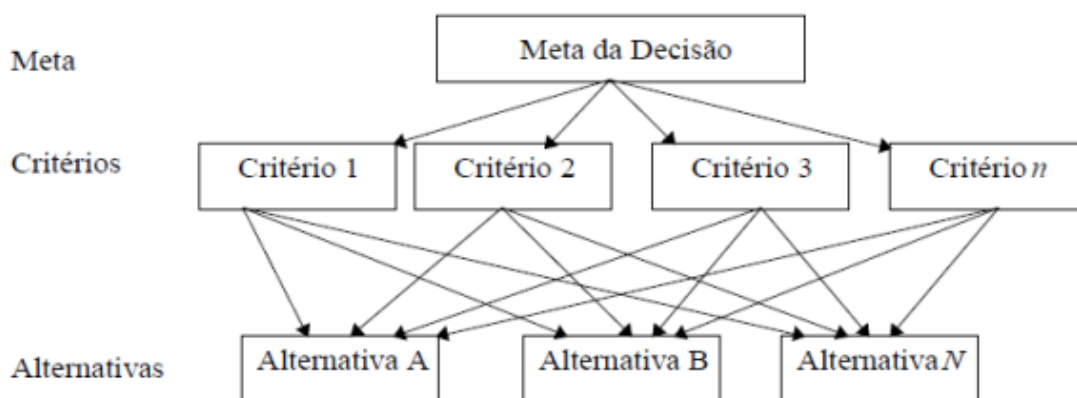
A análise multicritério é um conjunto de técnicas que auxilia na tomada de decisões com base em uma variedade de critérios de acordo a uma situação com no mínimo duas soluções (VIEIRA; GUARNIERI, 2022).

Uma grande diversidade de estudos ambientais vem utilizando a análise multicritério, tais como o método de análise hierárquica ou AHP (Processo de Hierarquia Analítica).

O método AHP é um processo hierárquico em que seu desenvolvimento compara par a par analisando qual é o melhor critério em comparação ao outro criando uma MCP (matriz de comparação de paridade), buscando atingir resultados consistentes a sua avaliação e a dependência dentro e entre os grupos de elementos de sua estrutura (MOURA et al., 2018).

Uma das limitações desta abordagem é a sua aplicação, ou seja, considera-se uma perda de tempo aplicá-la em um ambiente desfavorável e suscetível a inconsistência. Mesmo com suas limitações, o AHP é muito útil para a tomada de decisão, pois decompõe o problema em outros subproblemas, adiciona uma solução para cada subproblema, depois combina todas essas soluções em uma, gerando resultados que auxiliando a tirar conclusões e tomar decisões (ALBUQUERQUE et al., 2020).

Figura 4 - Estrutura hierárquica de problemas de decisão pelo AHP



Autor: Saaty (1990, 1991) apud ALBUQUERQUE et al., 2020

Dessa forma, o método AHP pode ser empregado em diversos estudos na área ambiental, tais como indicadores de potencialidade na implantação de parques eólicos (JAVARINI; GOMES; FREITAS, 2021), implantação de intervenção de programas hidroambientais (PEREIRA et al., 2022), identificação de áreas aptas para instalação de estação de tratamento de esgoto (SANTOS; MATSUOKA, 2021), seleção de áreas destinadas a aterros sanitários (OLIVEIRA et al., 2021), mapeamento de áreas de risco de inundações e alagamentos (Santos, C, 2021), entre outros.

3.5 Seleção das variáveis

No que se refere ao mapeamento do risco à inundação, a literatura elenca múltiplas variáveis que devem ser consideradas nesse estudo, de forma que, a probabilidade da ocorrência de inundação, alagamento e de enchentes são ocasionadas através da combinação de fatores antrópicos e naturais. De acordo com Lima (2018), a caracterização do tipo de solo presente na área de estudo é pertinente, visto que cada um possui capacidade de infiltração e escoamento superficial distintas.

Segundo Magalhães et al. (2011), a altitude afeta o risco de inundação devido às leis da gravidade que direcionam a água para as áreas mais baixas, enquanto a declividade é um fator chave na determinação do risco de inundação de uma área porque afeta diretamente a água que se acumula no solo. Portanto, áreas planas são mais propensas a inundações do que áreas escarpadas.

As áreas com maior impermeabilidade tendem a acumular mais água na superfície devido a sua compactação; assim, as áreas impermeáveis também contribuem para o aumento velocidade e volume do escoamento superficial em águas urbanas; aumento do número e frequência de inundações. (REZENDE; MARQUES; OLIVEIRA, 2017)

Logo, os indicadores de uso e ocupação do solo são dinâmicos e fundamentais para mostrar como a ação antrópica ocasiona perturbações na infiltração de água e nos mecanismos de escoamento superficial no terreno. A seleção das variáveis do estudo foi mapeada em revisão bibliográfica e, elencou conforme o quadro 01 as variáveis mais utilizadas: uso e ocupação do solo; declividade; altimetria; e pedologia.

Quadro 1 - Revisão bibliográfica das principais variáveis ligadas a inundação de rios

Variáveis	Autores						Total
	(Miranda, 2016)	(Santos; Ventorini, 2017)	(Rezende; Marques; Oliveira, 2017)	(Campioli; Vieira, 2019)	(Santos, C, 2021)	(Cury et al., 2021)	
Declividade	■	■	■	■	■	■	6
Altimetria	■	■	■	■	■	■	6
Formas de relevo					■		1
Pedologia	■		■	■	■		4
Uso e ocupação do solo	■	■	■	■		■	5
Densidade urbana					■		1
Índice de vulnerabilidade social					■		1
Proximidade superfícies líquidas		■					1
Ordem dos rios						■	1
Geologia	■			■			2

Fonte: Autoria própria (2022).

4 METODOLOGIA

Buscando alcançar os objetivos listados, este trabalho foi desenvolvido num conjunto de etapas, conforme a figura 05 a seguir:

Figura 5 - Estrutura hierárquica de problemas de decisão pelo AHP

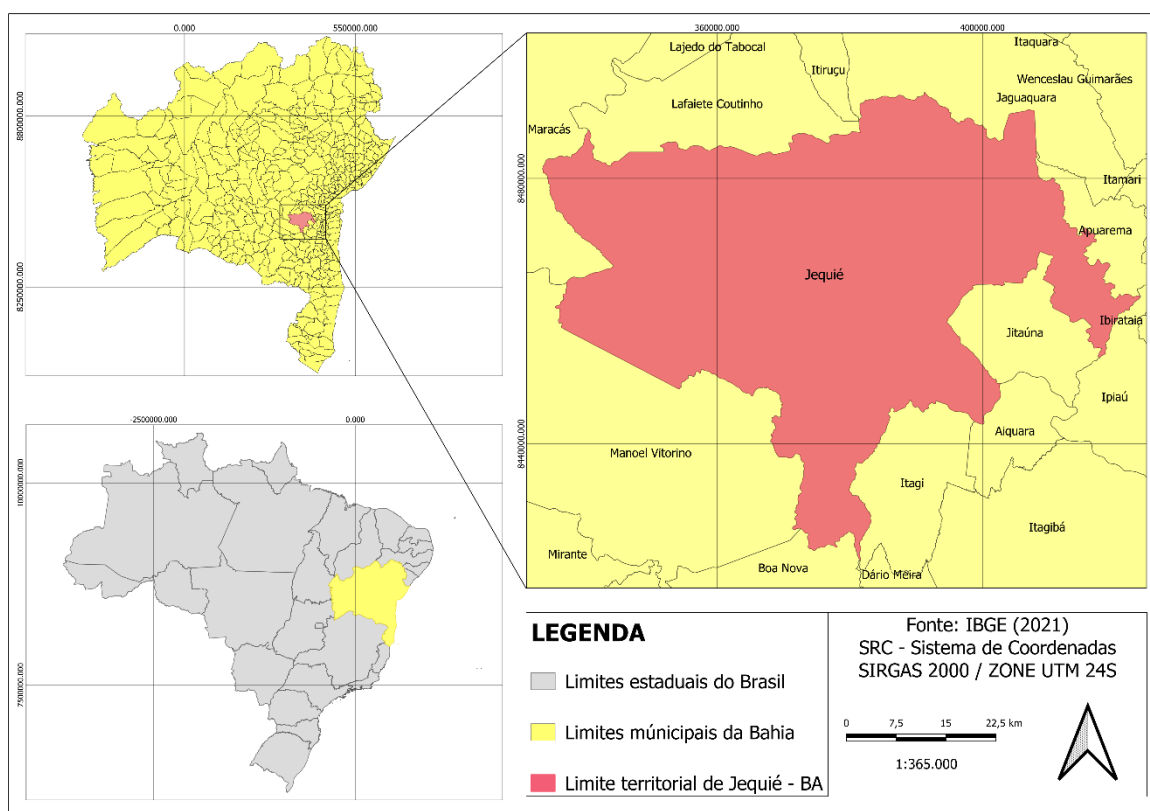
Etapa 01	Definição e caracterização da área de estudo
Etapa 02	Seleção das variáveis com base na revisão de literatura
Etapa 03	Coleta dos dados junto a bancos de dados públicos
Etapa 04	Tratamento dos dados com uso do QGIS 3.16.15
Etapa 05	Reclassificação das variáveis
Etapa 06	Atribuição dos pesos às variáveis por meio do método AHP
Etapa 07	Criação da álgebra de mapas
Etapa 08	Obtenção do mapa de vulnerabilidade à inundação
Etapa 09	Validação do método

Fonte: Autoria Própria, 2022

4.1 Área de estudo

O município de Jequié está localizado na mesorregião Centro-Sul baiana, possuindo altitude de aproximadamente 216 metros, com densidade demográfica de 47,07 hab/km² e uma população de 154.895 habitantes segundo o censo publicado em 2010 pelo IBGE. Está localizado entre as coordenadas planas de Longitude 384058,72 e Latitude: 8466108,20, georreferenciadas pelo Sistema de Referência o Datum SIRGAS 2000 – Fuso 24 Sul indicado na figura 06:

Figura 6 - Mapa de localização do município de Jequié – BA



Fonte: Autoria Própria, 2022

O município está inserido na bacia do Rio de Contas, tendo em seus limites três rios. Dois dos rios são o Jequiézinho e Preto da Costa que desaguam na principal drenagem da cidade, o Rio de Contas (CPRM., 2005). Além disso, a montante de Jequié localiza-se a Barragem de Pedra que tem capacidade de 1 bilhão e 750 milhões de metros cúbicos de água, numa extensão de 72 km, formando um imenso lago (SANTOS, 2013).

Com longo verão quente e seco e de invernos curtos, amenos e relativamente chuvosos o clima do município apresenta temperaturas que variam de 18° a 32 °C. Está localizado no Planalto Sul Baiano o que implica o município apresenta baixo índice pluviométrico não ultrapassando a média anual de 700 milímetros, explicado pelo fator orográfico que condiciona maior resistência do relevo à penetração das massas de ar originadas do Atlântico Sul. (SANTOS, 2013).

4.2 Coleta de dados

Os dados utilizados para elaboração do presente foram extraídos de plataformas virtuais de órgãos governamentais, conforme a quadro 02:

Quadro 2 - Fonte de dados utilizados

Dados	Tipo	Origem	Ano	Link
Limites estaduais do Brasil	Vetorial (polígono)	IBGE	2021	https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto
Municípios da Bahia	Vetorial (polígono)	IBGE	2021	
Delimitação de Jequié	Vetorial (polígono)	IBGE	2021	
Delimitação do perímetro urbano de Jequié	Vetorial (polígono)	IBGE	2010	https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?=&t=acesso-ao-produto
Uso e ocupação do solo	Raster	MAPABIOMAS	2021	https://code.earthengine.google.com/

Declividade	Vetorial (polígono)	ALOS PALSAR	Dez/2010 Jan/2011	https://search.asf.alaska.edu/
Hipsometria	Vetorial (polígono)	ALOS PALSAR	Dez/2010 Jan/2011	
Pedologia	Raster	IBGE/EMBRAPA	2021	https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia/10871-pedologia.html?=&t=acesso-ao-produto

Fonte: Autoria Própria, 2022







4.3 Critérios de avaliação


4.3.1 Uso e ocupação do solo

Por meio da plataforma MAPBIOMAS, os dados geoespaciais, foram adquiridos o arquivo do mosaico Landsat do município de Jequié-BA, com resolução espacial de 30 metros referente a coleção classe 7 do ano de 2021.

O uso e ocupação do solo é um dos parâmetros mais importantes para análise de áreas propícias a alagamento, inundação e enchentes devido a intervenções desconexas, intensa compactação e impermeabilização do solo, verticalização, supressão da vegetação e canalização de cursos d'água (ZANON, 2013).

Quadro 3 - Definição dos critérios avaliativos para uso e ocupação do solo

Classe temática	Definição	Aplicação	Ilustração
Floresta	Vegetação nativa densa ou não	Formação florestal e formação savânica	
Formação natural não florestal	Campos naturais sendo densos ou não	Formação campestre, campo alagado e área pantanosa	
Pastagem	Podem ser campos degradados ou não, dedicados para criação de animais ou não.	Criação de animais	
Cultivo	Podem ser campos degradados ou não, dedicados para agriculturas ou não.	Agricultura e silvicultura (monocultura)	
Recurso hídrico	Cursos e corpos d'água	Rio, lago e represa	
Mancha Urbana	Áreas antrópicas ou construídas pelo homem.	Área urbanizada	

Solo exposto	Áreas desprovidas de vegetação ou de cultura	Áreas não vegetadas	
--------------	--	---------------------	---

Fonte: Adaptado MapaBiomias, 2021.

Após essa coleta de informação foi identificado 13 classes de uso e ocupação do solo, podendo ser identificadas no quadro 3 na coluna de aplicação, sendo reclassificadas em 7 classes temáticas conforme a sua característica principal de acordo ao MapaBiomias coleção classe 7 do ano de 2021.

4.3.2 Declividade e altimetria

A região de estudo foi enquadrada nas folhas topográficas listadas no quadro 04. Foi utilizada uma folha que abrange o município de Jequié-BA.

Quadro 4 - Dados do Modelo de Elevação Digital (MDE) do município de Jequié-BA

Código
ALPSRP264896910
ALPSRP264896900
ALPSRP260666900
ALPSRP260666910

Fonte: ALOS PALSAR (2011)

Os dados foram extraídos da plataforma do EARTHDATA, tendo como tipo de busca o geographic search do banco de dados da ALOS PALSAR. Os modelos digitais de elevação (MDE), possuem resolução espacial de 12,5 metros e foram reprojatadas para o sistema de referência o Datum SIRGAS 2000 Fuso 24 Sul. Em seguida ocorreu a união dos quatro arquivos rastrear e, conseqüentemente, o recorte respeitando o limite municipal de Jequié-BA, dessa maneira, foram elaborados os mapas de declividade e hipsométrico.

De acordo com Tucci (2005), os rios normalmente drenam na nascente, ou seja, áreas com declives acentuados, ocasionando escoamento de alta velocidade e inundações em leitos maiores ou terrenos planos e acidentados. Normalmente, essas áreas são propícias a ocupação da população, entretanto são regiões vulneráveis a enchentes, alagamentos e enxurradas.

4.3.3 Pedologia

Os dados para elaboração da tipologia do solo foram retirados da plataforma da EMBRAPA (1979) e IBGE (2021) na escala 1:250.000 e processadas no Sistema de Informações Geográficas – SIG e possibilitou a identificação de 06 classe(s) dentro do limite municipal de Jequié-BA.

4.4 Reclassificação das variáveis

A nova estruturação das variáveis foi adaptada de acordo a proposta de Ross (1994), que consiste em estabelecer uma hierarquia mediante o grau de vulnerabilidade para cada classe de cada variável, de maneira que quanto o valor atribuído à classe, mais elevado o grau e consequentemente a sua suscetibilidade aos fenômenos hidrológicos. Dessa maneira, temos grau 1 (muito fraca), grau 3 (fraca), grau 5 (média), grau 7 (forte) e grau 9 (muito forte), enquanto 2, 4, 6, 8 e 10 são valores intermediários entre julgamentos.

Considerando os fatores que impactam a área de propensa a inundações conforme o quadro 01, são definidas as principais classes relacionadas a cada fator. Isso significa que elas foram reclassificadas através de estudo qualitativo em categorias de acordo a suscetibilidade das áreas propensas a alagamentos conforme o quadro 5.

O uso e ocupação do solo é um importante indicador, pois, evidencia a intervenção antrópica no uso do solo e a interferência nos mecanismos de infiltração e escoamento superficial da água na terra (REZENDE; MARQUES; OLIVEIRA, 2017). Foi adotado valores máximos (10) para área com maior probabilidade de inundação (lagos e rios), enquanto notas intermediárias para áreas com maior impermeabilidade (edificadas). Desse modo, as áreas com menor possibilidade de inundações, enchentes e alagamento ficaram com valores de 1 a 4.

A declividade do terreno influencia diretamente no escoamento da água, dessa forma, solos com baixa declividade indicam escoamento com baixa velocidade, por consequência, um

maior acúmulo de água (MIRANDA, 2016). E segundo a Magalhães et al (2011) as áreas planas apresentam maiores probabilidades de sofrer inundação do que áreas escarpadas.

A hipsometria também conhecida como altimetria, possui as menores notas as áreas com maior altitude devido a lei da gravidade que conduz a água para as regiões mais baixas que ficam mais próximas de cursos d'água, portanto, possuindo a maiores notas devido a influência ao risco de inundação (REZENDE; MARQUES; OLIVEIRA, 2017).

A definição do tipo de solo existente na área de estudo é importante, visto que, cada um deles dispõe de diferentes capacidades de infiltração e escoamento superficial da água (MAGALHÃES et al,2011)

Quadro 5 - Reclassificação das classes das variáveis

Grau	Variáveis			
	Uso e ocupação do solo Adaptado Junior (2022)	Declividade Adaptado Cinti e Marques (2020)	Hipsometria (m) Adaptado Ross (1994)	Pedologia Adaptado Junior (2022)
1	Floresta	Escarpado (>75%) Montanhoso (45-75%)	> 950	Plantosolo
2	Formação natural não florestal	Forte ondulado (20- 45%)	-----	-----
3	-----	-----	751,0 – 850,0	Neossolo
4	Cultivo	Ondulado (8-20%)	651,0 - 750,0	-----
5	Solo exposto	-----	551,0 - 650,0	Latossolo
6	Pastagem	-----	451,0 - 550,0	-----
7	-----	-----	351,0 - 450,0	Luvisolo
8	Área urbanizada	Suave ondulado (3-8%)	251,0 - 350,0	Argissolos
9	-----	-----	151,0 - 250,0	Cambiossolos
10	Recursos hídricos	Plano (0-3%)	<= 150,0	Corpo Hídrico

Fonte: Autoria Própria, 2022

4.5 Método AHP

4.5.1 Aplicação do método Processo de Hierarquia Analítica (AHP)

Definido os critérios de avaliação, foi construído uma matriz de julgamentos paritário. Segundo o criador do método, Saaty (1977), tem o objetivo de estabelecer a influência de cada variável de acordo a cada estudo. Seguindo uma ordem hierárquica de importância conforme o quadro 06.

Quadro 6 - Matriz de julgamento paritário – AHP

Valores	Importância Mútua
1/9	Extremamente menos importante que
1/7	Muito fortemente menos importante que
1/5	Fortemente menos importante que
1/3	Moderadamente menos importante que
1	Igualmente importante a
3	Moderadamente mais importante que
5	Fortemente mais importante que
7	Muito fortemente mais importante que
9	Extremamente mais importante que

Fonte: Adaptado de Saaty (1977)

Dessa forma, considerou-se Junior (2022) e Miranda (2016) para obter comparações pareadas entre os critérios, utilizando como ferramenta o excel para auxiliar nos cálculos. Com isso, foi possível definir os pesos para cada uma das variáveis empregadas nesse estudo conforme o quadro 07:

Quadro 7 - Matriz de julgamento paritária - AHP

Variáveis	Uso e ocupação do solo	Pedologia	Hipsometria	Declividade	Peso - wi
Uso e ocupação do solo	1	3	4	5	0,50
Pedologia	0,33	1	3	3	0,28
Hipsometria	0,20	0,33	1	2	0,14
Declividade	0,20	0,33	0,33	1	0,08

Fonte: Autoria Própria, 2022

Como resultado da matriz, obteve-se um peso estatístico para cada fator, cuja correção foi avaliada por meio do cálculo da razão de consistência (RC), em que se deseja valor menor que 0,1, ou seja, representam pelo menos 90% de veracidade do julgamento Saaty (1977). O valor é calculado pelos seguintes passos utilizando o excel:

1. Soma das linhas na horizontal (SL);
2. Autovetor (w); $\rightarrow \frac{SL}{SLT}$ (01)
3. Número de variáveis (n) = 4;
4. Produto vetorial (PV) utilizando a função a “=MATRIZ.MULT” no excel, selecionando os valores na horizontal equivalente a cada variável e posteriormente os valores do autovetor na vertical com quatro valores para ambos;
5. O valor de lâmbida (λ); $\rightarrow \frac{w}{PV}$ (02)
6. O valor de lâmbida máximo ($\lambda_{m\acute{a}x}$), também chamado de autovalor e a média dos valores encontrado para lâmbida (λ), então utiliza-se a função “=MÉDIA” do excel;
7. Índice de consistência (IC) $\rightarrow IC = \frac{(\lambda_{m\acute{a}x} - n)}{n - 1}$ (03)
8. Índice randômico (IR) extraído na tabela 08;
9. Razão de consistência $\rightarrow RC = \frac{IC}{IR}$ (04)

Onde:

SL = Soma da linha;

SLT = Soma total da linha;

w = autovetor;

n = número de fatores testados (número de colunas ou linhas);

PV = Produto vetorial;

λ = Lâmbida;

$\lambda_{máx}$ = Lâmbida máximo ou autovalor;

IC = Índice de consistência;

IR = Índice randômico;

RC = Razão de consistência;

(w_i) = Pesos calculados.

O índice randômico (IR) necessário para calcular a razão de consistência varia de acordo com o número de fatores selecionados para o estudo.

Quadro 8 - Valores de IR para matrizes quadradas de ordem n

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Fonte: Autoria Própria, 2022

Desta forma, o índice Randômico utilizado foi 0,89, correspondente a quatro fatores utilizados na elaboração do mapa de suscetibilidade à inundação do município de Jequié – BA. Diante disso, os resultados obtidos seguem conforme o quadro 9 e 10 abaixo

Quadro 9 - Cálculos método AHP, parte 1

	Soma Linhas (SL)	Autovetor (W)	N	Produto vetorial (PV)
	13	0,50	4	2,292870906
	7,33	0,28		1,098908157
	3,58	0,14		0,51423678
	2,03	0,08		0,341789767
SLT	25,95	1,00		

Fonte: Autoria Própria, 2022

Quadro 10 - Cálculos método AHP, parte 2

Lâmbida	Lâmbida Máximo (autovalor)	IC	IR	RC
4,576923077	4,137903077	0,046	0,89	0,05
3,888636364				
3,724031008				
4,362021858				
				RC > 0,1

Fonte: Autoria Própria, 2022

4.5.2 Álgebra dos mapas

Uma das formas de se efetuar análise multicritério é utilizando o SIG por meio da álgebra de mapas. São equações aplicadas a um grupo de rasters que possui características semelhantes, no qual se considera valores de influências de cada variável e seus pesos calculados (AZEVEDO, 2019).

Assim, propõe-se a equação 05 considerando os parâmetros utilizando a calculadora de raster no próprio software Qgis conforme a figura 7, com intuito de produzir um único mapa representando as zonas suscetíveis a inundações e alagamentos no limite município.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{SIA} = & (\text{Uso e ocupação do solo} * \text{PCU} + \text{Pedologia} * \text{PCP} + \text{Hipsometria} * \text{PCH} \\
 & + \text{Declividade} * \text{PCD})
 \end{aligned}
 \tag{05}$$

Onde:

SRIA = Suscetibilidade a inundações e alagamento;

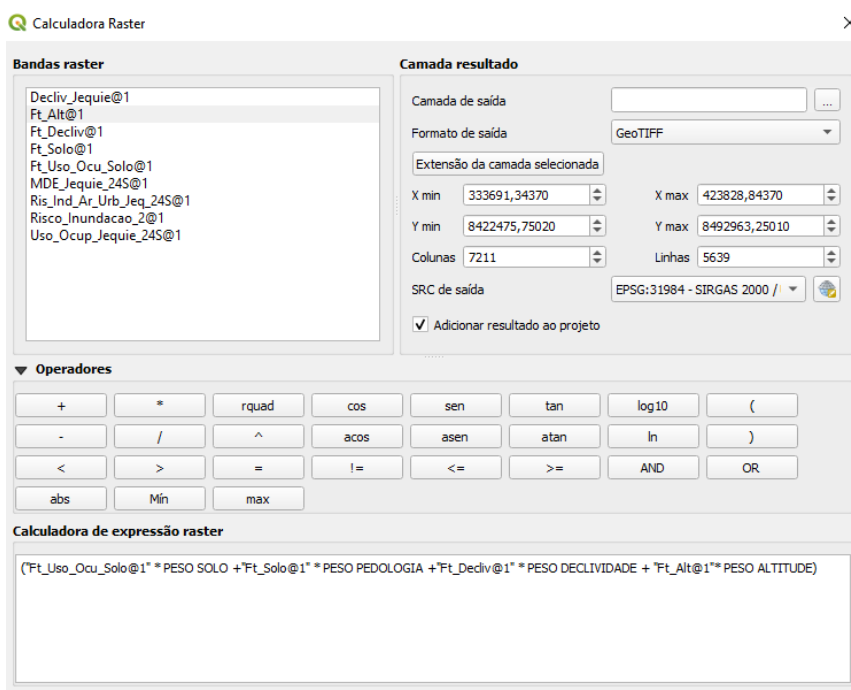
PCU = Pesos classes de uso e ocupação do solo;

PCP = Pesos classes de pedologia;

PCH = Pesos classes de hipsometria;

PCD = Pesos classes de declividade;

Figura 7 - Aplicação da fórmula SIA no QGIS



Fonte: Autoria Própria, 2022

4.6 Mapa de risco

Segundo Santos, C (2021), a hierarquização das variáveis pode ser feita em cinco categorias de acordo ao grau de suscetibilidade, sendo classificadas como: muito baixa (0 a 2), baixa (0,2 a 0,4), moderada (0,4 a 0,6), alta (0,6 a 0,8) e muito alta (0,8 a 1). Desse modo, foi representado os resultados em formatos de mapa digitais ou impressos no compositor de mapas do QGIS 3.16.

4.7 Validação

Para validar as áreas sensíveis georreferenciadas do mapa de risco elaborado pelo método AHP, foi realizado por meio de fotos, artigos e notícias sobre inundações, alagamentos e enchentes no município de Jequié, para o período de 2017 a 2021 (Santos, C 2021).

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

5.1 Pesos encontrados

A partir matriz de julgamento foi extraído os valores (pesos) de cada variável conforme o quadro 7, tendo o Índice de Consistência (IC) = 0,046 e a Razão de Consistência (RC) igual a 0,05. Isso mostra que os valores apresentam coerência por apresentarem resultados inferiores a 0,10 ou 10% de acordo com a proposta do criador, Saaty (1977). Em outros termos, as comparações efetuadas coerentes e produziram resultados demonstrado no quadro 11, vale salientar que os pesos são o autovetor (W) e que a sua soma deve ser igual a 1.

Quadro 11 - Pesos relativos dos critérios estabelecidos

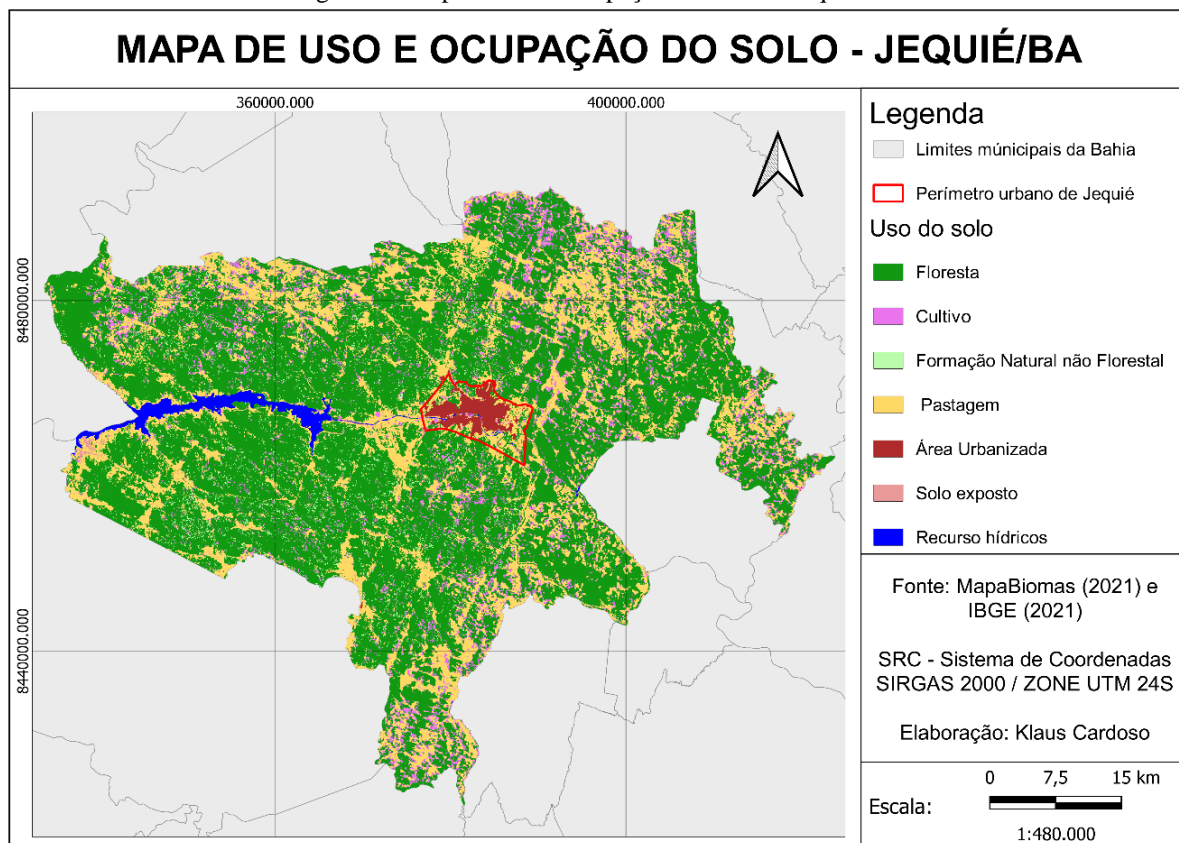
Variáveis	Pesos (P)
Uso e ocupação do solo	0,50
Pedologia	0,27
Declividade	0,16
Hipsometria	0,07

Fonte: Autoria Própria, 2022

5.2 Uso e ocupação do solo

A partir do mapeamento do uso e ocupação do solo conforme a figura 8, pode-se identificar 7 classes que integra o município.

Figura 8 - Mapa de uso e ocupação do solo de Jequié-BA



Fonte: Autoria Própria, 2022

As duas maiores classes identificadas são a de floresta e pastagem ocupando mais de 85% do limite municipal, enquanto a área urbanizada que possui o maior peso não chega a 2% da cidade, conforme demonstrado no quadro 12 a seguir:

Quadro 12 - Quantificação do uso e ocupação do solo de Jequié-BA em 2021

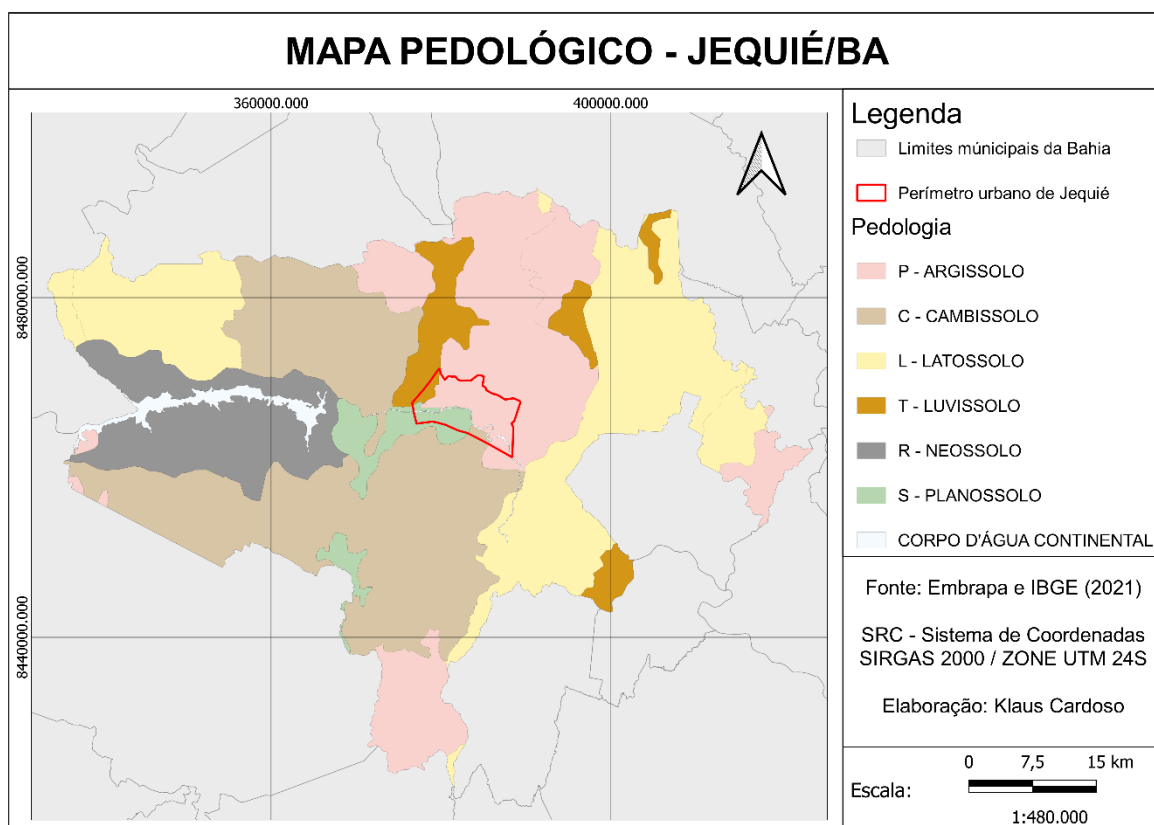
Pedologia	%
Floresta	63,44
Cultivo	8,97
Formação Natural não Florestal	1,95
Pastagem	23,13
Área Urbanizada	1,01
Solo exposto	0,17
Recurso hídricos	1,32
Total	100

Fonte: Autoria Própria, 2022

5.3 Pedologia

A pedologia foi selecionada devido aos diferentes tipos de solos e suas características, que podem ter papel relevante no processo de vulnerabilidade às inundações. Diferentes tipos de solo podem apresentar diferentes graus de permeabilidade, dependendo dos materiais que compõem. Portanto, quanto maior o nível de permeabilidade, maior a suscetibilidade da área a inundações, torna-se relevante (Roos, 1994). Os solos encontrados no município são o: argissolo, cambissolo, latossolo, luvisolo, neossolo e planossolo conforme a figura 09.

Figura 9 - Mapa pedológico de Jequié-BA



Fonte: Autoria Própria, 2022

O sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SIBCS caracteriza 13 classes de solos de acordo a características morfológicas como estrutura, textura, razão argila/areia, entre outras (SANTOS et al., 2018). As duas primeiras afetam diretamente a condutividade hidráulica do solo (MORAIS, 2012), ocasionando velocidades distintas para um possível lixiviado. Conforme mostrado na figura 9, seis categorias de solos foram identificadas na área de estudo e sua distribuição espacial no quadro 13:

Quadro 13 - Quantificação da pedologia de Jequié-BA em 2021

Pedologia	%
P - Argissolo	22,37
C - Cambissolo	31,17
L - Latossolo	26,49
T - Luvisso	5,13
R - Neossolo	10,38
S - Planossolo	2,99
Corpo d'água	1,47
Total	100

Fonte: Autoria Própria, 2022

Os solos presentes no município apresentam as seguintes características:

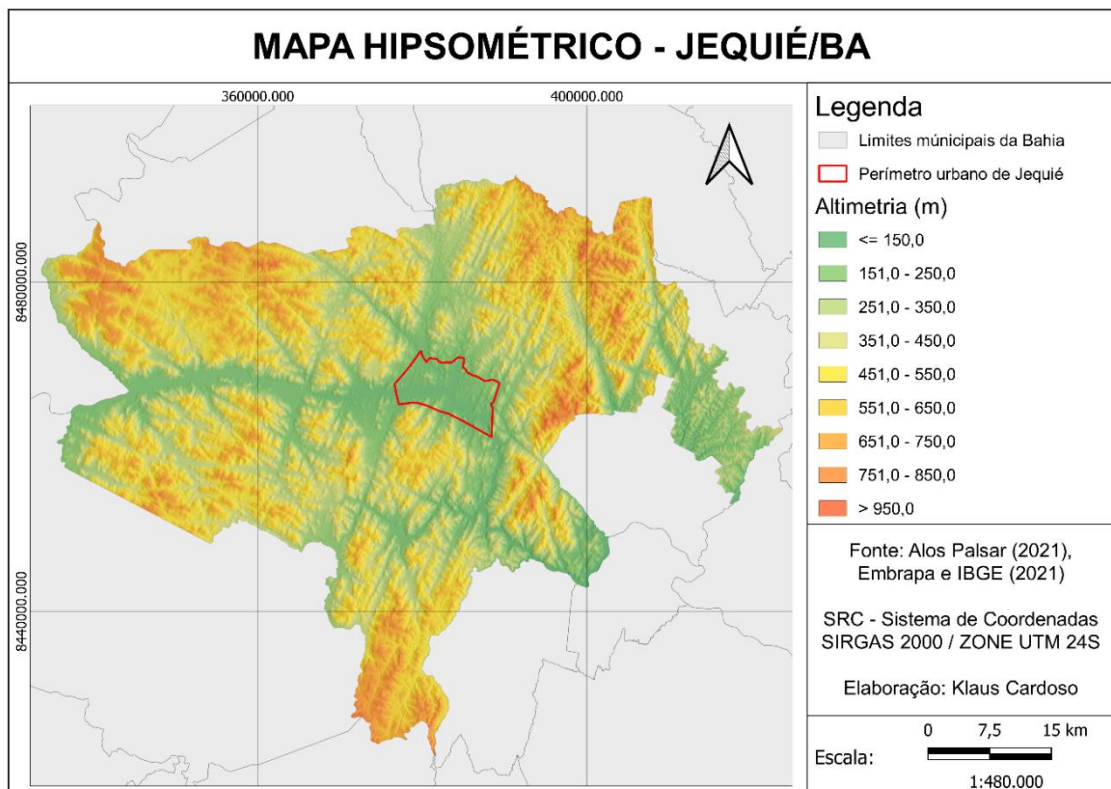
- Argissolo: em função do número de vazios menores e ainda do mineral que pode compô-lo (o qual pode realizar interação com a molécula de água, como exemplo, as argilas bentoníticas) podem impermeabilizar o meio. Essas camadas praticamente impermeáveis podem representar maiores suscetibilidades a inundações (Junior, 2022)
- Cambissolo: Solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial (exceto hístico com 40 cm ou mais de espessura) ou horizonte A chernozêmico, quando o B incipiente apresentar argila de atividade alta e saturação por bases alta (SANTOS et al., 2018).
- Latossolo: Apresentam camadas de solos maiores. Quanto maior a camada de solo, maior é a capacidade de 75 armazenamento da água proveniente da infiltração, trazendo como características desses solos uma menor suscetibilidade a inundações (Junior, 2022)
- Luvisso: Solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural, com argila de atividade alta e saturação por bases alta na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) e imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A ou horizonte. Estes solos variam de bem a imperfeitamente drenados, sendo normalmente pouco profundos, com sequência de horizontes A, Bt e C e nítida diferenciação entre os horizontes A e Bt devido ao contraste de textura, cor e/ou estrutura entre eles (SANTOS et al., 2018).

- Neosolo Esta classe abrange solos de textura arenosa, com sequência de horizontes A/C. São solos excessivamente a bem drenados, podendo apresentar horizontes endurecidos em alguma parte do C, denominados de fragipã e/ou duripã (EMBRAPA, 2005).
- Planossolo: Compreendem solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspenso) e de existência periódica durante o ano (SANTOS et al., 2018).

5.4 Hipsometria

A altimetria é relacionada inversamente entre à maior elevação e menor suscetibilidade a inundação. A partir do MDE obtido através do Alos Palsar, gerou-se um mapa temático de classificação em relação a altitude pelo QGIS, como pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 - Mapa hipsométrico de Jequié-BA



Fonte: Aatoria Própria, 2022

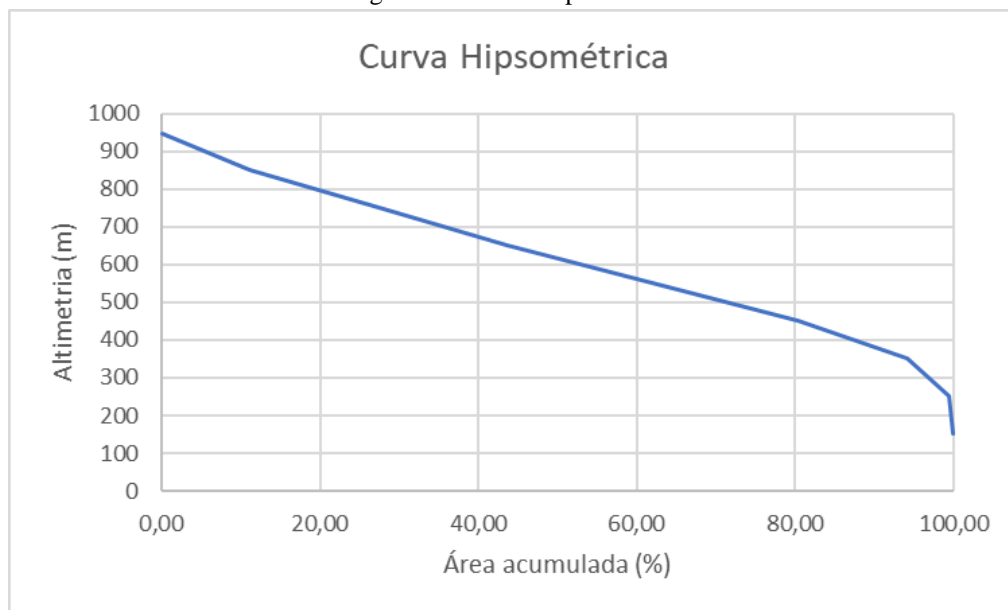
Com base nas informações coletadas no mapa hipsômetro foi confeccionado o quadro 14 levando em consideração todo o limite municipal de Jequié. A partir dessas informações foi possível elaborar o gráfico da curva hipsométrica (figura 11) referente aos dados obtidos no quadro 14, em que o eixo vertical representa a altitude (m) e o eixo horizontal o percentual da área acumulada (%).

Quadro 14 – Cálculo da curva hipsometria de Jequié-BA em 2021

	Área parcial (ha)	Área acumulada (ha)	Área (%)	Área acumulada (%)
	0	0	0	0
<=150	96,11	96,11	0,03	0,03
151 - 250	32894,75	32990,86	11,08	11,12
251 - 350	48426,19	81417,05	16,32	27,43
351 - 450	48272,59	129689,64	16,27	43,70
451 - 550	54440,48	184130,12	18,34	62,04
551 - 650	54194,11	238324,23	18,26	80,30
651 - 750	40997,55	279321,78	13,81	94,12
751 - 850	15552,37	294874,15	5,24	99,36
> 950	1911,06	296785,21	0,64	100

Fonte: Autoria Própria, 2022

Figura 11 - Curva hipsométrica



Fonte: Autoria Própria, 2022

Concomitante aos eventos de origem fluvial, as áreas com altimetria entre 145 e 250 metros são consideradas de alta vulnerabilidade devido à dinâmica de deslocamento da água. Ela tende a escoar das cotas mais elevadas para cotas mais baixas, caracterizadas como áreas de fundo de vale.

5.5 Declividade

Ligada à dinâmica dos eventos fluviais, a declividade está associada à velocidade do escoamento superficial e ao tempo concentrado que a água permanece na área. Áreas com terreno plano e declividade entre 0% e 3% foram identificadas como elevada suscetibilidade a inundações devido ao acúmulo de escoamento superficial.

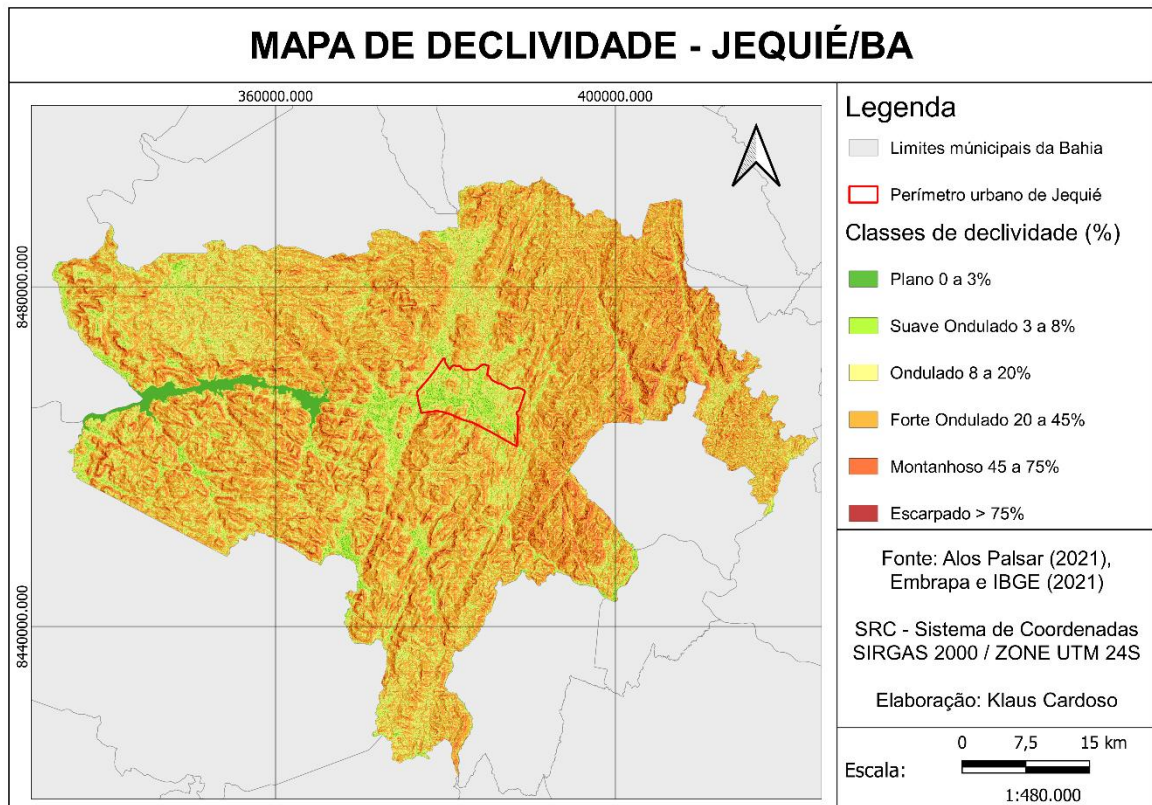
Por outro lado, áreas com relevo superior a 45% podem induzir o arrasto de sedimentos e transporte de água em alta velocidade de eventos fluviais para áreas planas. O município possui mais de 75% de seu território entre as classes ondulados e forte ondulado, enquanto as regiões planas e suave ondulado chegam a pouco mais de 10% conforme a distribuição no quadro 15 e visualmente demonstrada na figura 12 a seguir:

Quadro 15 - Quantificação da declividade de Jequié-BA em 2021

Classe da declividade	%
Plano 0 a 3%	2,50
Suave Ondulado 3 a 8%	8,19
Ondulado 8 a 20%	27,97
Forte Ondulado 20 a 45%	47,94
Montanhoso 45 a 75%	12,30
Escarpado > 75%	1,11
Total	100

Fonte: Autoria Própria, 2022

Figura 12 - Mapa de declividade de Jequié-BA



Fonte: Autoria Própria, 2022

Apesar do município possuir uma declividade elevada, quando se trata do perímetro urbano (Figura 12) em sua maioria ele varia de plano a suave ondulado, que são regiões propícias ao acúmulo de água.

Tucci (2005) observou que devido a gestão equivocada do escoamento na drenagem urbana pelos gestores, tem gerado prejuízos à população. Nos últimos anos devido a expansão do perímetro urbano resultou na canalização dos rios e córregos de Jequié, aumentando as vazões máximas e o volume de escoamento, por consequência, o surgimento de inundações pontuais em trechos canalizados devido há mudanças de declividades oriundas de ações de corte e aterro durante o processo construtivo.

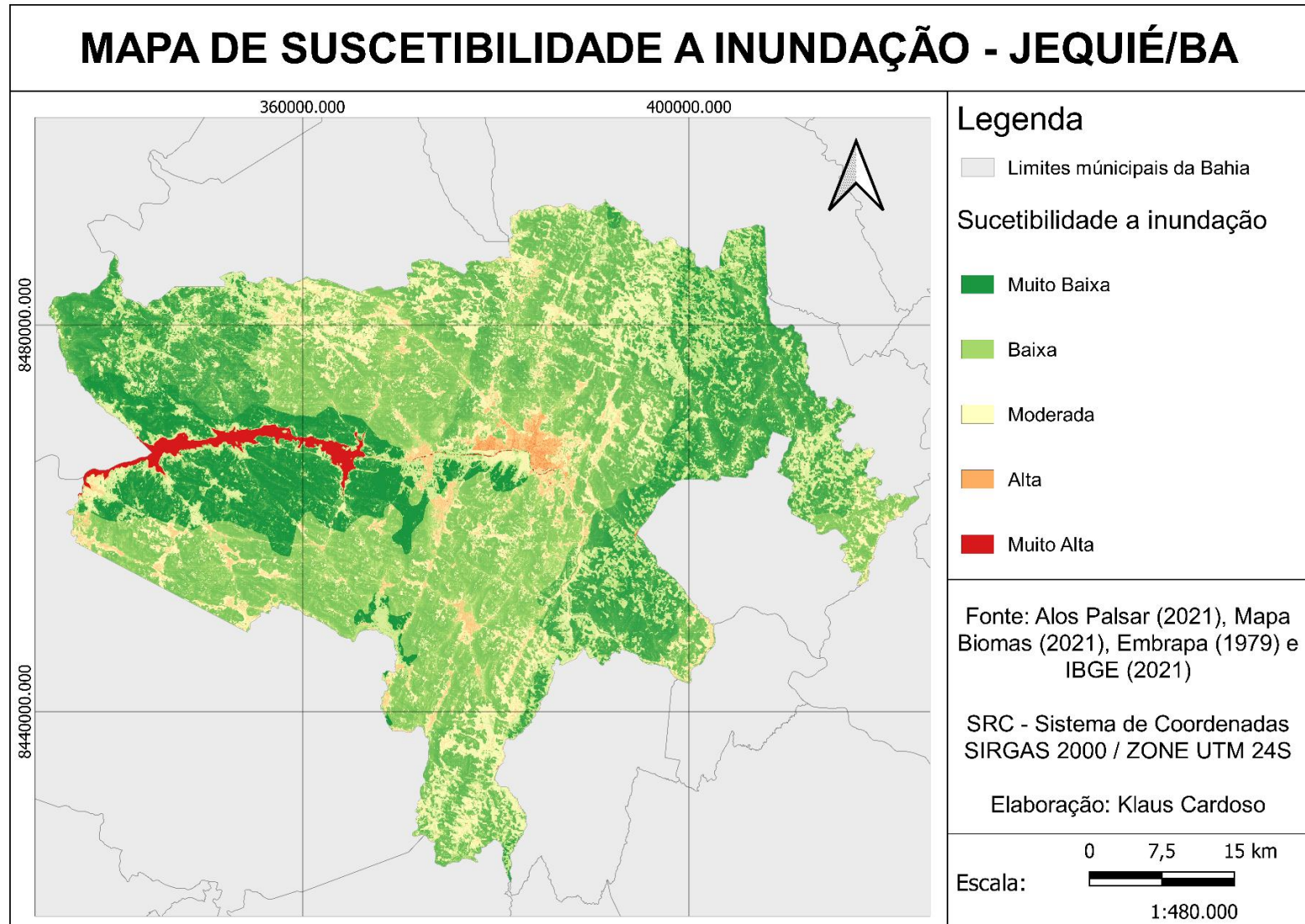
5.6 Suscetibilidade a inundação, alagamento

Os resultados obtidos por meio da modelagem espacial utilizando os parâmetros físicos para análise de vulnerabilidade (uso e ocupação do solo, pedologia, hipsometria e declividade) e determinação de pesos estatísticos utilizando decisão Processo de Hierarquia Analítica (AHP). O resultado da matriz foi o mapa de suscetibilidade a alagamento e inundação. Com isso, foi possível determinar o grau de influência do fator de risco de alagamento no limite municipal e na área urbana de Jequié-BA, conforme demonstrados na figura 13 e 14 respectivamente a seguir.

A modelagem evidenciou que 1,32% do limite territorial de Jequié apresentou áreas de muita alta suscetibilidade a inundação e alagamento que podem ser explicadas como trechos onde se localiza a barragem de Pedras; Cajueiro; rios e córregos que cortam o município. Seguido por 10,40% classificadas como alta (em tom avermelhado fraco) localizadas principalmente no perímetro urbano da cidade, a classe moderada (em tom pastel) corresponde a 26,26%. Por sua vez, a categoria baixa e muito baixa (em tom esverdeado) corresponde a 62,02%, tendo como características áreas florestadas, altitudes que variam entre 350 a 950 metros e declive com características de forte ondulado até escarpado que possui boa dispersão do fluxo de água.

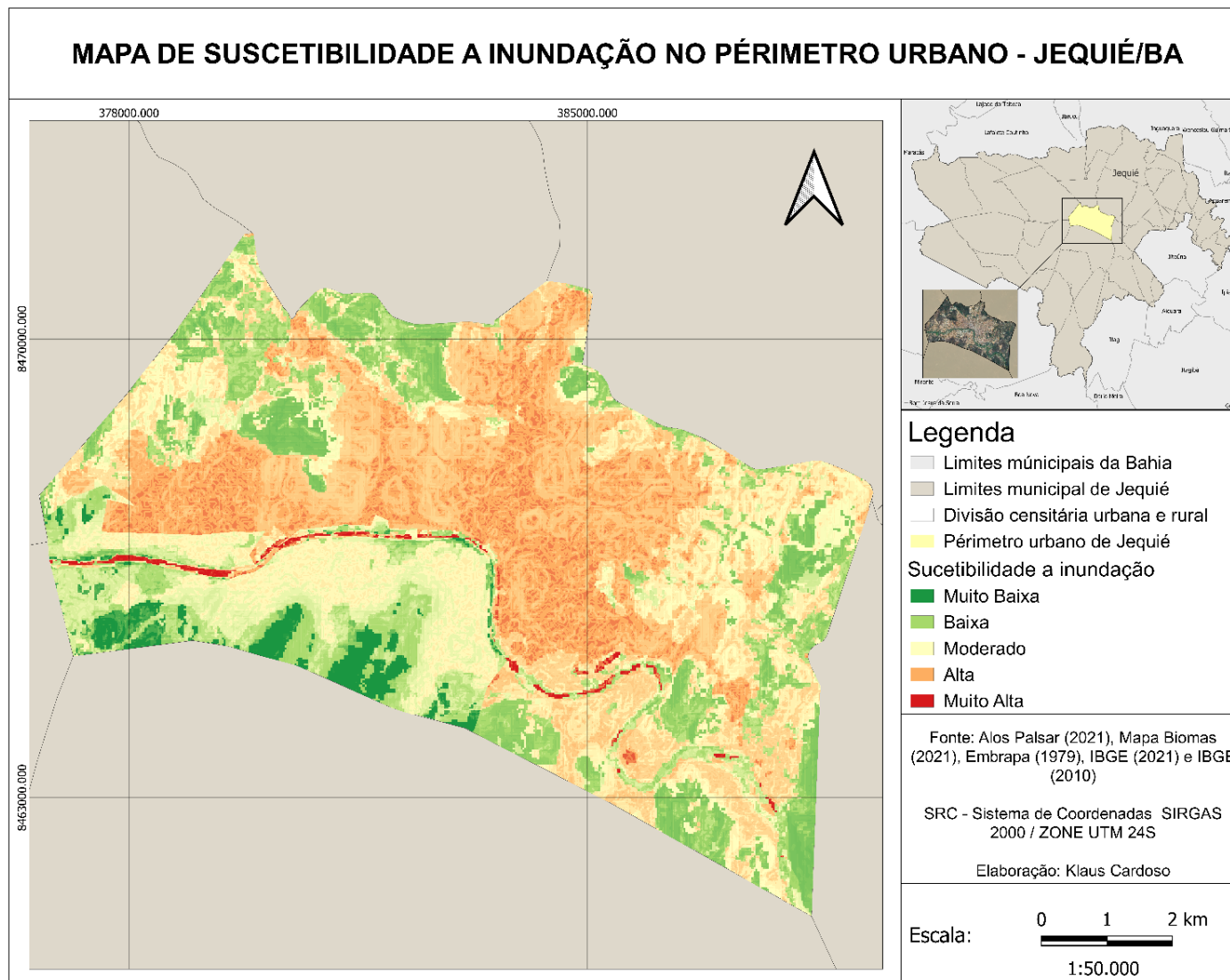
A classe de risco alta para muito alta tiveram sua maior representatividade no trecho urbano de Jequié. Esses pontos estão relacionados, em sua maioria, a cursos d'água e fundos de vale que circundam a área urbanizada do município (Figura 12). Entre as características potenciais que deram origem às áreas de alta suscetibilidade, estão a elevação variando entre 150 a 250 metros, o relevo com declividade variando de 0% a 8% (plano e suave ondulado), região de área urbana com baixa impermeabilidade e os fundos de vale com a predominância de argissolo com baixa taxa de infiltração.

Figura 13 - Mapa de suscetibilidade a inundação de Jequié-BA



Fonte: Aatoria Própria, 2022

Figura 14 - Mapa de suscetibilidade a inundação no p rimetro urbano de Jequié-BA

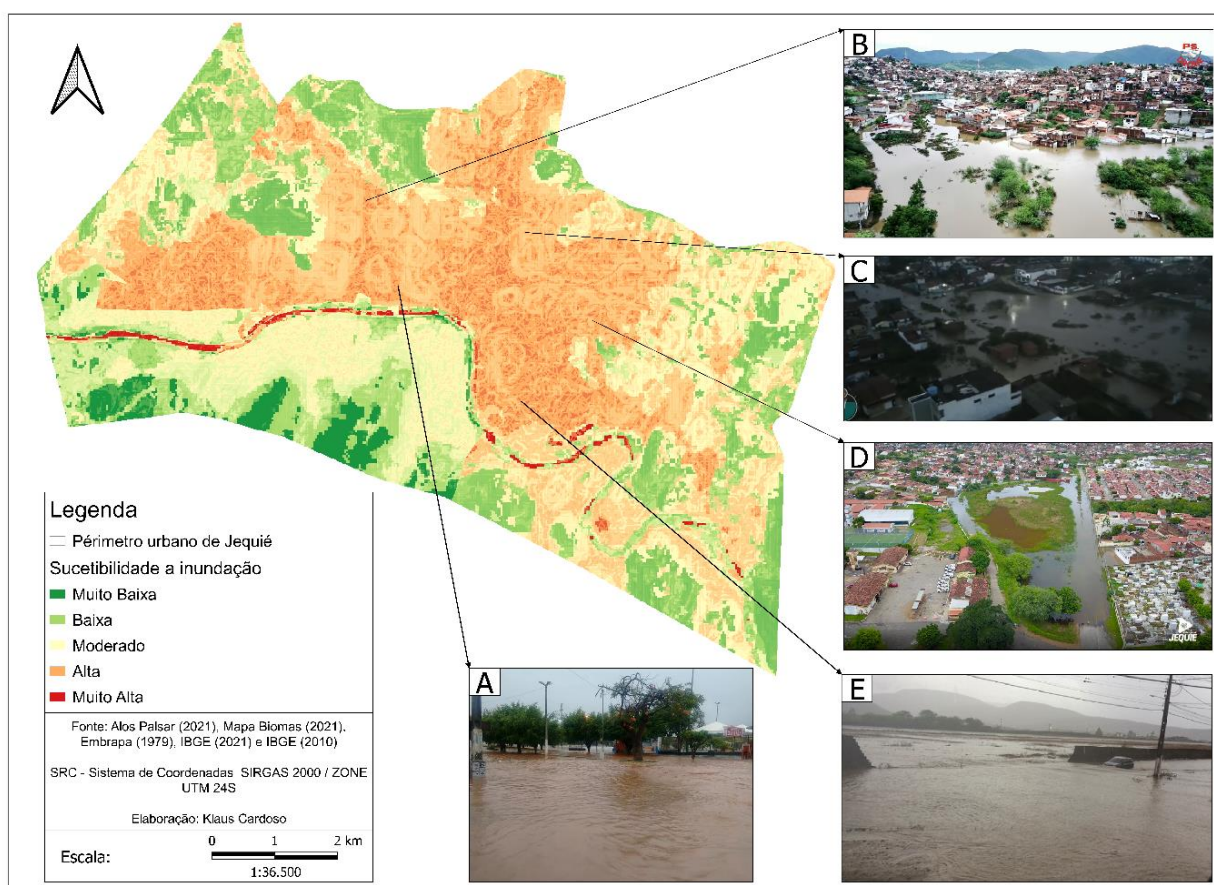


Fonte: Autoria Própria, 2022

5.7 Validação dos mapas de áreas suscetíveis a inundações

Com o intuito de validar as classes assumidas dos mapas gerados foi elaborado a figura 15 que apresenta histórico de enchentes e alagamentos ocorridos no município de Jequié entre o ano de 2017 a 2021. Portanto, o estudo corrobora com os fenômenos relatados na cidade.

Figura 15 - Mapa de validação da metodologia



Fonte: Autoria Própria, 2022

Onde as áreas representadas, são: A – Cruzamento da Av. Rio Branco com a Rua Santa Luzia, Joaquim Romão (G1, 2017); B - Bairro Preto (Santos, S, 2021a); C – Pompilio Sampaio (Santos, S, 2021b); D – Lagoa do Derba, Jequiezinho (SECON, 20022); E – Av. Lion Club, Jequiezinho (Chuva, 2017).

6 CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que as áreas suscetíveis a risco alto e muito alto a inundações e alagamento estão localizadas principalmente no perímetro urbano, apresentando como principais características a urbanização acentuada, baixas declividades, relevo plano e solo argissolo, sendo estes fatores favoráveis a inundações e alagamentos. Por outro lado, as áreas consideradas de baixo e muito baixo risco estão localizadas onde predominam relevo ondulado, áreas permeáveis e vegetação, fatores que minimizam esses efeitos hidrológicos.

Com isso, entendeu-se que o mapeamento pode ser um suporte para os órgãos competentes das organizações cujo objetivo seja escolher áreas prioritárias para investimentos em medidas estruturais e não estruturais de proteção, controle e plano de ação para eventos críticos.

Considerando a especificidade do atual Plano Diretor Municipal Urbano de Jequié (Lei Complementar nº01 e 02 dezembro de 2007), a metodologia pode auxiliar os gestores – assim como gestores de todo o país – a implementar e envolver o zoneamento de áreas de risco em planos diretores em busca de garantir o monitoramento dessas áreas de forma planejada.

O artigo 22-A da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei n.º 12.608/12) estabelece que as áreas suscetíveis à ocorrência de inundações devem ser incluídas no plano geral dos municípios. A mesma lei também realça que as áreas vulneráveis devem ser mapeadas para um planejamento adequado.

Vale salientar que esta proposta metodológica foi desenvolvida com base em técnicas de geoprocessamento e geoestatística utilizando dados espaciais e georreferenciados de fontes livres e referenciais, com ênfase na utilização de pesos estatísticos para os parâmetros do meio físico a fim de desenvolver um cenário de modelagem para áreas propensas a inundações e alagamentos. Logo, o estudo pode ser utilizado como base para a geração de modelos similares em outras regiões.

Para futuros trabalhos, recomenda-se a inclusão de novas variáveis para uma maior precisão dos resultados, tais como: curvatura do relevo, densidade de drenagem, geologia, densidade urbana, pluviometria, hidrografia, distância interfluvial, vazão e largura dos córregos. Além disso, a análise pode ser feita tendo o recorte para cada bairro de um município.

Por fim, o desenvolvimento desta pesquisa produz resultados capazes de evidenciar áreas suscetíveis ao risco de inundação e subsidiar a tomada de decisão de gestores, profissionais da área e pesquisadores/estudantes.

REFERÊNCIA

_____. Legislação Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC. Autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres. Legislação informatizada. Brasília: Presidência da República, 2012. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm. Acesso em: 4 dez. 2022.

_____. Lei Complementar nº01 e 02, de dezembro de 2007. Institui o Plano diretor mundial urbano. Disponível em: <http://www.ipmbrasil.org.br/visualizar-publicacoes?cod=961&file=619A0C3A446FA863AA67FA7A5739233D&type=contaspublica>. Acesso em 4 dez. 2022.

ALBUQUERQUE, R. V. *et al.* Métodos de apoio a decisão em gestão de portfólio de projetos de inovação: uma revisão sistemática. *Brazilian journal of development*, Curitiba, ano 2020, v. 6, ed. 12, p. 103951 - 103618, Dez 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/adm/Downloads/22359-57487-1-PB.pdf>. Acesso em: 3 maio 2022.

ALOS PALSAR. **EARTH DATA**. [S. l.], 1 jan. 2011. Disponível em: [https://search.asf.alaska.edu/#/?zoom=8.394&er=-40.507,-14.426&dataset=ALOS&polygon=POLYGON\(\(-40.3336%20-13.9911,-39.9057%20-13.9911,-39.9057%20-13.6741,-40.3336%20-13.6741,-40.3336%20-13.9911\)\)&resultsLoaded=true&granule=ALPSRP264896910-KMZ](https://search.asf.alaska.edu/#/?zoom=8.394&er=-40.507,-14.426&dataset=ALOS&polygon=POLYGON((-40.3336%20-13.9911,-39.9057%20-13.9911,-39.9057%20-13.6741,-40.3336%20-13.6741,-40.3336%20-13.9911))&resultsLoaded=true&granule=ALPSRP264896910-KMZ). Acesso em: 12 set. 2022.

AZEVEDO, M. B. S. Práticas de geoprocessamento em QGIS. **Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável**, Belo Horizonte - MG, ano 2019, v. 3.4, n. 2, 1 jan. 2019. 41, p. 101 - 103. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Felipe->

Ladislau/publication/337721137_PRATICAS_EM_GEOPROCESSAMENTO_COM_O_QGIS/links/5de6f73c299bf10bc33d59f4/PRATICAS-EM-GEOPROCESSAMENTO-COM-O-QGIS.pdf. Acesso em: 23 jun. 2022.

BARBOSA, G. D. ; FONSECA, M. H. Sistemas de informação geográfica (sig) como ferramenta de apoio para a gestão de projetos ambientais. *Revista brasileira de gestão ambiental e sustentabilidade*, vol. 4, n.7, João Pessoa, p. 127-135, 2017

BENIN, S. M.; ROSIN, J. A. R. G. Dinâmica fluvial no espaço urbano: aspectos relevantes. **Revista nacional de Gerenciamento de cidades**, [s. l.], v. 5, ed. 31, p. 54 - 67, 2017. Disponível em:

https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/download/1575/1570/6970. Acesso em: 3 maio 2022.

BORGES , F. O.; FERREIRA, V. O. **PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO E ÁREAS INUNDÁVEIS**: análise comparativa dos conceitos mediante aplicação nas bacias hidrográficas do ribeirão Bom Jardim e rio das Pedras, Triângulo Mineiro. *Revista Cerrados, Montes Claros -MG*, v. 17, ed. 1, p. 114-130, jan/jun 2019. DOI

<https://doi.org/10.22238/rc2448269220191701114130>. Disponível em:

<https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/1027/1066> . Acesso em: 1 maio 2022.

CÂMARA, G, et al. *Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 1998.

CÂMARA, G, et al. *Introdução à ciência da geoinformação*. 2. ed. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001.

CAMPIOLI, P. F.; VIEIRA, C. V. Avaliação do Risco a Inundação na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte, Joinville/SC. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 12, ed. 1, p. 124 - 138, 2019. Disponível em:

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/238091/32179>. Acesso em: 16 nov. 2022.

CANHOLI, A. P. Planejamento de Sistemas de Drenagem Urbana. *In*: DRENAGEM URBANA e CONTROLE de ENCHENTES. [S. l.: s. n.], 2005. cap. 1, p. 21- 22. Disponível em: https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/ofitexto.arquivos/Drenagem%20Urbana%20ed_deg.pdf. Acesso em: 1 maio 2022.

CHUVA esperada chega provocando estragos em Jequié. **Jequié Repórte**, [S. l.], p. aa, 29 mar. 2017. Disponível em: <https://www.jequiereporter.com.br/blog/2017/03/29/chuva-esperada-chega-provocando-estragos-em-jequie/>. Acesso em: 3 dez. 2022.

CINTI, T. M.; MARQUES, M. L. ASSOCIAÇÃO ENTRE SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA ÁREA URBANIZADA DE CAMPINAS-SP. **Seminário internacional de investigação em urbanismo**, São Paulo - SP / Lisboa - PT, p. 1 - 16, 2020.

CNN. **Governo da Bahia decreta situação de emergência em mais 47 cidades por enchentes**. [S. l.], 26 dez. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/governo-da-bahia-decreta-situacao-de-emergencia-em-mais-47-cidades-por-enchentes/>. Acesso em: 4 abr. 2022

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. PROJETO CADASTRO DE FONTES DE ABASTECIMENTO POR ÁGUA SUBTERRÂNEA. **Ministério de Minas e Energia**, Salvador/BA, ano 2005, p. 1 - 28, out. 2005. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/16933/1/Rel_Jequie.pdf. Acesso em: 04 junho 2022.

CPRM. PROCESSOS HIDROLÓGICOS Inundações, enchentes, enxurradas e alagamentos na geração de áreas de risco. Vitória - ES, 6 out. 2017. Disponível em: <https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Capacitacao/Material%20Did%C3%A1tico/CBPRG%20-%202017/Processos%20Hidrol%C3%B3gicos%20-%20Inunda%C3%A7%C3%B5es,%20Enchentes,%20Enxurradas%20e%20Alagamentos%20na%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%81reas%20de%20Risco.pdf>. Acesso em: 6 set. 2022.

CURY, M. D. *et al.* 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, ed. 83, p. 160 - 175, out 2021. DOI 10.14393/RCG228356231. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/56231/32735>. Acesso em: 17 nov. 2022.

DEFESA CIVIL. São Bernardo do Campo. Enchente, Inundação, Alagamento ou Enxurrada? Disponível em: <http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011/06/enchente-inundacaooualagamento.html>. Acessado em: 01 maio. 2022.

EMBRAPA. **Descrição das principais classes de solos**, p. 1–15, 2005.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. R: SNLCS, 1979. 233 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213515/1/Manual-de-metodos-de-analise-de-solo-1979.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2022.

FERRAZ, C. M. L. *et al.* **Uso de geotecnologias para mapeamento da suscetibilidade a inundações e escorregamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais: potencialidades e limitações**. Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas, UFVJM – MG, N°. 14, n. VII, p. 1-31, out/2018. Disponível em: <http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2018/10/Caio0108.pdf><http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2018/10/Caio0108.pdf>. Acesso em: 4 maio 2022.

FILHO, W. M. M.; VENDRAME, I. R.; CARVALHO, R. G. Utilização de sistema de informações geográficas para o mapeamento do potencial de retenção de águas pluviais no município de São José dos Campos – SP. **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, p. 1 - 8, 21-26 abr 2007.

FONTES, A.R.M.; BARBASSA, A.P. **Diagnóstico e Prognóstico da Ocupação e da Impermeabilização Urbanas**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, [s. l.], v. 8, ed. 2, p. 137–147, Abr/Jun. 2003. Disponível em:

<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=36&SUMARIO=526>.

Acesso em: 3 abr. 2022.

FRANCO, L.S . ANÁLISES HIERÁRQUICA E DE REGRESSÃO LINEAR APLICADAS AOS MAPEAMENTOS DE SUSCETIBILIDADE E DE RISCO AOS MOVIMENTOS DE MASSA (BAIRRO CIDADE NOVA, ARACAJU – SE, BRASIL).

Orientador: Felipe Torres Figueiredo. 2021. 1 f. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE, São Cristóvão-SE, 2021. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/14237/2/LUISA_SAMPAIO_FRANCO.pdf. Acesso em: 4 abr. 2022.

G1, A. Temporal causa alagamentos e desabamentos em Jequié, na BA. **Rede Bahia**, [S. l.], 29 mar. 2017. Disponível em: <http://g1.globo.com/bahia/noticia/2017/03/temporal-causa-alagamentos-e-desabamentos-em-jequie-na-ba.html>. Acesso em: 3 dez. 2022.

GERHEIM , D. K. M. ALAGAMENTOS, ENXURRADAS E INUNDAÇÕES NA ÁREA URBANA DE JUIZ DE FORA: Um Olhar Sobre as Bacias Hidrográficas dos Córregos São Pedro e Ipiranga.. Orientador: Pedro José de Oliveira Machado. 2016. 1 f. Dissertação (Bacharel em Geografia) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, Juiz de Fora - MG, 2016. Disponível em: [https://www2.ufjf.br/geografia/files/2015/06/ALAGAMENTOS-ENXURRADAS-E-INUNDA%
c3%87%c3%95ES-NA-%c3%81REA-URBANA-DE-JUIZ-DE-FORA-Um-Olhar-Sobre-as-Bacias-Hidrogr%c3%a1ficas-dos-C%c3%b3rregos-S%c3%a3o-Pedro-e-Ipiranga.pdf](https://www2.ufjf.br/geografia/files/2015/06/ALAGAMENTOS-ENXURRADAS-E-INUNDA%c3%87%c3%95ES-NA-%c3%81REA-URBANA-DE-JUIZ-DE-FORA-Um-Olhar-Sobre-as-Bacias-Hidrogr%c3%a1ficas-dos-C%c3%b3rregos-S%c3%a3o-Pedro-e-Ipiranga.pdf). Acesso em: 3 jul. 2022.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. MAPEAMENTO DEVULNERABILIDADE NO MUNICÍPIO DE RIO NEGRINHO –SC: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA. **CAMINHOS DE GEOGRAFIA**, Uberlândia, ano 2011, v. 12, n. 4, p. 205 - 221, 20 jun. 2021. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16405/9173>. Acesso em: 3 jul. 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/panorama>. Acesso em: 3 mar. 2022.

JAVARINI, N. S.; GOMES, V. A. P.; FREITAS, R. R. ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP EM INDICADORES DE POTENCIALIDADE NA IMPLANTAÇÃO DE

PARQUES EÓLICOS. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, p. 17 - 30, 8 fev. 2021.

JUNIOR, A. J. G. **MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SOROCABA E MÉDIO TIETÊ (SP)**. Orientador: Dr. Alexandre Marco da Silva. 2022. 169 p. Tese (Doutor em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Bauru - SP, 2022.

LICCO, E.A.; DOWELL, S.F.M. Alagamentos, Enchentes, Enxurradas e Inundações: Digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança. *Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística*, São Paulo, v. 5, nº 3, p. 160-174, 2015.

LIMA, S. M. **ANÁLISE DA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA DOS SOLOS AO LONGO DA ENCOSTA DA SUB- BACIA RIACHO DO TIGRE - PB**. Orientador: Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza. 2018. 85 p. Monografia (Bacharel em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa - PB, 2018.

MACEDO, R. R.; MENDES, R. L. R.; COSTA, T. Sistemas de informação geográfica (sig) aplicado a gestão de recursos naturais. Atlas do aproveitamento de água da chuva nas Ilhas de Belém – iniciativas, demandas e potencialidades. *Geo UERJ*, n.32, Rio de Janeiro, 2018.

MAGALHÃES, I. V. L. *et al.* USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO EM GUAÇUÍ, ES: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DOIS MÉTODOS. **Cadernos de Geociências**, [s. l.], v. 8, ed. 2, p. 63 - 70, nov 2011.

MAPBIOMAS. **COLEÇÕES MAPBIOMAS**. Brasil, 2021. Disponível em: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR. Acesso em: 6 set. 2022.

MIRANDA, N. M. G. **ANÁLISE ESPACIAL DA SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO LIPA, CUIABÁ – MT**. Orientador: Dr. Luiz Carlos Pittol Martini. 2016. 56 p. Dissertação (Graduação em Engenharia Sanitária e

Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/176195/TCC_NIVEAMORENA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 15 nov. 2022.

MORAIS, F. DE. Infiltração - uma variável geomorfológica. *Caderno de Geografia*, v. 22, n. 38, p. 73–87, 2012.

MOURA, I. R. *et al.* ANÁLISE MULTICRITÉRIO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE UM AEROPORTO HUB UTILIZANDO O MÉTODO AHP. **Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET**, Gramado, ano 2018, ed. 32º, p. 963-974, 7 nov. 2018. Disponível em: https://www.anpet.org.br/anais32/documentos/2018/Gestao%20de%20Transportes/Metodos%20e%20Tecnicas%20de%20Gestao%20de%20Transportes%20II/4_397_AC.pdf. Acesso em: 3 maio 2022.

OLIVEIRA, A. A. A. *et al.* MÉTODOS MULTICRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE ÁREAS DESTINADAS A ATERROS SANITÁRIOS. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: investigación, desarrollo y práctica**, [s. l.], v. 16, ed. 1, p. 425 - 440, 6 abr. 2021.

PEDRO, L. C.; NUNES, J. O. R. A RELAÇÃO ENTRE PROCESSOS MORFODINAMICOS E OS DESASTRES NATURAIS: UMA LEITURA DAS ÁREAS VULNERÁVEIS A INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS EM PRESIDENTE PRUDENTE-SP. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente - SP, v. 2, ed. 34, p. 81 - 96, ago./dez. 2012.

PEREIRA, A. C. *et al.* USO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO BASEADA NO MÉTODO HÍBRIDO AHP/TOPSIS PARA A IMPLANTAÇÃO DE INTERVENÇÕES DE PROGRAMAS HIDROAMBIENTAIS: Estudo de caso na bacia hidrográfica do Rio Doce. **RMRH - Revista Mineira de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte - MG, ano 2022, v. 3, ed. 022009, p. 1 - 32, 2 maio 2022.

Prejuízo com chuvas na Bahia sobe para R\$ 1,6 bi, segundo dados coletados pela CNM. [S. l.]: Confederação Nacional de Municípios (CNM), 4 jan. 2022. Disponível em:

<https://cnm.org.br/comunicacao/noticias/prejuizo-com-chuvas-na-bahia-sobe-para-r-1-6-bi-segundo-dados-coletados-pela-cnm#>. Acesso em: 4 abr. 2022.

REZENDE, P. S.; MARQUES, D. V.; OLIVEIRA, L. A. CONSTRUÇÃO DE MODELO E UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE PROCESSO ANALÍTICO HIERÁRQUICO –AHP PARA MAPEAMENTO DE RISCO À INUNDAÇÃO EM ÁREA URBANA. **CAMINHOS DE GEOGRAFIA**, Uberlândia, v. 18, ed. 61, p. 01 - 18, março 2017. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/31408/19973>. Acesso em: 16 nov. 2022.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 8, n.1, 1994, p. 63-74.

SAATY, T. H. A scaling method form priorities in hierarquical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, v.15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SAATY, T. L. *How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process*. *European Journal of Operational Research*, North Holland, v.48, p. 9-26, 1990.

SAATY, T. L. *Método de Análise Hierárquica*. São Paulo: Makron Books, 1991.

Saaty, T.L. (1987), “Rank generation, preservation, and reversal int the analytic hierarchy decision process”, *Decision Sciences*, Vol.18, No.2, pp.157-177

SANTOS, A. A. P. DIAGNÓSTICO MUNICIPAL DE JEQUIÉ. **IPGEO**, Jequié/BA, p. 1 - 71, 1 jan. 2013. Disponível em: file:///C:/Users/adm/Downloads/Diagnostico_Municipal_de_Jequie_BA.pdf. Acesso em: 4 jun. 2022.

SANTOS, A. C. P.; MATSUOKA, J. V. IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS APTAS À INSTALAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DESCENTRALIZADAS NO MUNICÍPIO DE MONTE CARMELO - MG UTILIZANDO O MÉTODO AHP E ÁLGEBRA DE MAPAS. **Revista GeTeC**, [s. l.], v. 10, ed. 34, p. 1 - 20, 2021.

SANTOS, C. C. P. **MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÕES E ALAGAMENTOS NO PERÍMETRO URBANO DE CUIABÁ - MT**. Orientador: dr.

Manoel Lemes da Silva Neto. 2021. 92 p. Dissertação (Pós graduação, mestrado acadêmico em Arquitetura e Urbanismo) - Centro Universitário de Várzea Grande - UNIVAG em associação com a PUC - Campinas, Várzea Grande - MT, 2021.

SANTOS, H. G. DOS; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. DOS; OLIVEIRA, V. A. DE; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. DE; ARAUJO FILHO, J. C. DE; OLIVEIRA, J. B. DE; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. rev. e ampl.: EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 555p. 2018. Brasília, DF.

SANTOS, S. Bairro do barro preto em Jequié BA 27/12/2021 (Voo092). Youtube: [s. n.], 2021a. Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=h1hhQtYVYWA&list=RDCMUCuEVJoG0HaFUeldHdMGgc6Q&index=4>. Acesso em: 3 dez. 2022.

SANTOS, S. Muita chuva e alagamento em Jequié BA 25/12/2021 (Voo 086). Youtube: [s. n.], 2021b. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-KjN1QzJ4u8&list=RDCMUCuEVJoG0HaFUeldHdMGgc6Q&index=1>. Acesso em: 3 dez. 2022.

SANTOS, T. G.; VENTORINI, S. E. Mapeamento digital das áreas propícias às enchentes e inundações na bacia do Córrego do Lenheiro em São João del-Rei –MG. **Revista PerCursos**, Florianópolis, v. 18, ed. 36, p. 95 - 124, jan/abr 2017. DOI 10.5965/1984724618362017095. Disponível em:
<https://www.periodicos.udesc.br/index.php/percursos/article/view/984724618362017095/pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.

SECOM. Prefeitura de Jequié inicia construção do sistema de drenagem da Lagoa do Derba para evitar alagamentos. , [S. l.], 7 jan. 2022. Disponível em:
<http://www.jequie.ba.gov.br/noticias/prefeitura-de-jequie-inicia-construcao-do-sistema-de-drenagem-da-lagoa-do-derba-para-evitar-alagamentos/>. Acesso em: 3 dez. 2022.

SILVA, B. M . MODELAGEM HIDROLÓGICA E HIDRODINÂMICA PARA AVALIAÇÃO DE INUNDAÇÕES NA ZONA URBANA DE CARUARU, PE.

Orientador: José Almir Cirilo. 2019. 01 f. DISSERTAÇÃO (Pós-graduação em Engenharia Civil) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, Recife, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/36834>. Acesso em: 4 abr. 2022.

SOUZA, R.E.S; GONÇALVES, G.F.G. **UM ESTUDO SOBRE OS IMPACTOS DECORRENTES DE INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE**. RG&SA - Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, ano 2018, v. 7, ed. 3, p. 591-605, 1 jul/ser 2018. DOI 10.19177/rgsa.v7e32018591-605. Disponível em: <https://core.ac.uk/reader/300481320>. Acesso em: 3 abr. 2022.

SUDEC. **Defesa Civil do Estado atualiza dados sobre população afetada pelas chuvas na Bahia**. [S. l.]: PORTAL OFICIAL DO ESTADO DA BAHIA, 7 mar. 2022. Disponível em: <http://www.bahia.ba.gov.br/2022/01/noticias/defesa-civil/defesa-civil-do-estado-atualiza-dados-sobre-populacao-afetada-pelas-chuvas-na-bahia-18/>. Acesso em: 4 abr. 2022

TUCCI, C. E. M. Gestão de águas pluviais urbanas. Brasília: Ministério das Cidades, 2005. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/285/o/Gest%C3%A3o_de_Aguas_Pluviais__.PDF?1370615799. Acesso em: 29 nov. 2022.

VIEIRA, B. O; GUARNIERI, P . **OS MÉTODOS MULTICRITÉRIOS APLICADOS NOS ESTUDOS DAS BARREIRAS IDENTIFICADAS NA IMPLEMENTAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA: uma agenda de pesquisa**. XXI ENGEMA, São Paulo, ano 2019, Dezembro/2019. Disponível em: http://engemausp.submissao.com.br/21/anais/resumo.php?cod_trabalho=134. Acesso em: 2 maio 2022.

ZANON, F. N. **Uso e ocupação da terra e vulnerabilidade a alagamento na área central da cidade de São Paulo: O caso da subprefeitura Sé**. Orientador: Dr(a). Magda Adelaide Lombardo. 2013. 49 p. Dissertação (Bacharel em Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro - SP, 2013.