

DOI: 10.33947/1981-741X-v21n2-5018

IDENTIFICAÇÃO E HIERARQUIZAÇÃO DE RISCO A INUNDAÇÕES EM ÁREAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**IDENTIFICATION AND HIERARCHIZATION OF RISK TO FLOODS IN WATERSHED AREAS**

Lucas José de Souza Silva¹, Anildo Monteiro Caldas², Tiago Henrique Schwaickart Feitosa³, Euzônio Rizzi Neto³, Gleyton Lopes Barboza Lacerda⁴, Richarlisson Filipe Francisco de França³, Salatiel Ewen Braga⁴, Fernando Cartaxo Rolim Neto², Alice Pedrosa Correia⁴, Teresa Cristina Tarlé Pissarra⁵

RESUMO

A organização Meteorológica Mundial (OMM) preconiza que as mudanças climáticas e os eventos climáticos cada vez mais extremos causaram um aumento nos desastres naturais nos últimos 50 anos. Entre os desastres naturais, destaca-se a inundação de áreas urbanas e rurais brasileiras, causando graves prejuízos materiais a população e em alguns casos extremos levando a perdas socioeconômicas. Nesse contexto, a bacia hidrográfica do rio Tapacurá (BHRT) apresenta relevante importância para a região metropolitana da cidade do Recife, bem como para os municípios que estão contidos na área da bacia. Na década de 70 foi construída a barragem do Tapacurá com o intuito de diminuir as enchentes e inundações em períodos de chuvas intensas nas áreas de cabeceira da bacia, bem como em épocas de escassez das chuvas, servir para o abastecimento humano da região. O objetivo deste estudo foi identificar as áreas de risco de inundação da BHRT através da metodologia AHP (*Analytic Hierarchy Process*) utilizando cenas de radar da missão SRTM e mosaico de imagens de sensor óptico Landsat 8. A modelagem digital foi realizada no módulo *HYDROLOGY* do software ArcGIS da *ESRI GIS and Mapping Software*, licenciado para o Laboratório de Geotecnologias da UFRPE. Para verificar a consistência dos pesos estatísticos utilizados no método AHP, foi verificado a razão de consistência (RC), sendo este parâmetro menor que 0,1 para validação do modelo. Verificou-se que o nível de altíssimo risco de inundação da BHRT estão compreendidas nas áreas com menor altitude e baixa declividade da bacia, bem como nas áreas próximas a corpos d'água, com presença de solos mal drenados e baixo escoamento superficial.

PALAVRAS-CHAVE: Vulnerabilidade de inundação. Método AHP. Riscos ambientais. SIG.

ABSTRACT

The World Meteorological Organization (WMO) claims that climate change and increasingly extreme weather events have caused an upsurge of natural disasters over the last 50 years. Among the natural disasters, the flooding of Brazilian urban and rural areas stands out, causing the population severe material damages and in some extreme cases leading to socioeconomic losses. In this context, the Tapacurá River Hydrographic Basin (BHRT) presents a relevant importance for the metropolitan region of the city of Recife, as well as for the municipalities that are contained within the basin area. In the 1970s the Tapacurá dam was built in order to reduce flooding and overflow in periods of heavy rainfall in the headwaters of the basin, as well as in times of scarce rainfall, to serve as a water supply to the population of the region. The objective of this study was to identify the flood risk areas of the BHRT through the AHP (*Analytic Hierarchy Process*) methodology using radar images from the SRTM mission and a mosaic of Landsat 8 optical sensor images. The digital modeling was performed in the Hydrology module of ArcGIS software from *ESRI GIS and Mapping Software*, licensed to the Geotechnologies Laboratory of the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE). To verify the consistency of the statistical weights utilized in the AHP method, the consistency ratio (CR) was assessed, with this parameter being smaller than 0.1 for model validation. It was observed that the very high flood risk level of the BHRT is comprised of the areas with lower altitude and low slope in the basin, as well as areas near water bodies, with the presence of poorly drained soils and low surface runoff.

KEYWORDS: Flood vulnerability. AHP method. Environmental risks. SIG.

¹ Engenheiro Agrônomo. Mestrando em Eng. Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco.

² Doutor em Agronomia, Professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

³ Graduando em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco.

⁴ Mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco.

⁵ Doutora em Agronomia, Professora da Universidade Estadual Paulista

INTRODUÇÃO

Fenômeno de Inundação natural ocorre quando a vazão do córrego excede a capacidade do canal do rio consequentemente, derrama sobre os aterros naturais ou artificiais (Caldas *et al.*, 2018). Inundações estão particularmente relacionadas com eventos extremos de precipitação e configurações geomorfológicas específicas. Quando as enchentes atingem as áreas urbanas e rurais marginais, elas podem causar danos econômicos significativos e até mesmo perdas de vidas (Alfieri *et al.*, 2018; Erdlenbruch; Grelot, 2017). Para Caldas (2015), o que difere de enchente ou cheia é o aumento temporário do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém sem transbordamento. As áreas alagadas referem-se ao acúmulo de águas por problemas de drenagem do solo.

O desmatamento de nascentes e matas ciliares, assoreamento de rios, impermeabilização urbana, drenagem inadequada, e precipitações muito intensas extrapolam a capacidade de rios, gerando inundações (Tucci, 2004). Em muitas regiões do planeta, os eventos de inundação são agora mais frequentes e intensos por causa da mudança climática e do uso indevido da terra. Contudo, os procedimentos para determinar com precisão as áreas de risco nestas regiões ainda são ineficientes. Nas bacias rurais, usos inadequados ocorrem quando os usos reais se desviam da capacidade de terra, e são denominados conflitos ambientais de uso da terra (Braga *et al.*, 2021; Caldas *et al.*, 2018).

Para Tucci (2004) e Vaz, Ramos e Froehner (2021), a bacia hidrográfica é o elemento fundamental de análise do ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre que engloba a infiltração e o escoamento superficial. Sendo uma área ou sistema de captação natural das águas das chuvas que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. Compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório. Esse sistema, pode ser analisado através do ordenamento dos canais e da densidade de drenagem, como proposto por Horton (1945), Strahler (1964) e Silva *et al.* (2009).

A compreensão de sua área é imprescindível para definir a sua potencialidade hídrica e tem grande importância na sua resposta hidrológica, pois, se desconsiderados os outros fatores, quanto maior a área, menos pronunciados serão os picos de enchentes, visto que maior será o tempo para que toda a bacia contribua de uma só vez (Tucci, 2004). Assim, como assegura Vilella e Matos (1975), a área de uma bacia de drenagem é um elemento básico para o cálculo de outras características físicas da bacia. Segundo Porto (2006), as bacias hidrográficas têm uma grande diversidade de formas, na qual refletem o comportamento hidrológico da bacia, podendo se apresentar com formas circulares, alongadas ou ramificadas.

Segundo Machado e Torres (2012) o parâmetro mais importante para identificar as áreas da bacia mais susceptíveis a processos erosivos, enchentes e inundações é a declividade do terreno da bacia. A declividade controla em boa parte a velocidade do escoamento superficial, afetando assim a maior ou menor infiltração da água, oportunizando picos de inundação ou a maior suscetibilidade de

erosão dos solos. A altimetria também é um fator que interfere na intensidade do escoamento, pois a mesma influencia na distribuição da vegetação, nos tipos de solos, no clima e consequentemente na rede de drenagem. A natureza do solo e a sua capacidade de infiltração também são fatores determinantes para a compreensão das eventuais enchentes, comuns em áreas urbanas e rurais marginais (Popp, 2010).

Considerando o ambiente da bacia como um sistema composto por variáveis distribuídas no espaço e no tempo, o mesmo deve ser estudado a partir de modelos que permitam representar a territorialidade e a inspeção de possíveis relacionamentos entre essas variáveis. Para tanto, a representação digital do ambiente tem se mostrado extremamente útil (Christofolletti, 1999). Dependendo do interesse do usuário, estas correlações permitem o equacionamento de situações ambientais, tais como o levantamento de áreas de risco, as estimativas de impactos ambientais, definição de unidades e normas de manejo e zoneamento territorial gerando conhecimentos indispensáveis para a utilização racional dos recursos ambientais disponíveis (Moraes, 1993).

Com o avanço tecnológico e da busca da modernização administrativa, a utilização do geoprocessamento como ferramenta para representação digital no ambiente aplicado às questões de gestão pública não pode mais ser contestada (Davis Jr, 2002). O geoprocessamento é visto como uma ferramenta de alta tecnologia e inovação para interpretações relacionadas ao espaço pode ser conceituado como um conjunto de técnicas que permite realizar análises espaciais, manipular e gerenciar dados georreferenciados com uma agilidade e precisão, que até antes de seu surgimento, eram inimagináveis (Medeiros; Pires, 1998).

Para Moura (2003), a análise ambiental na gestão pública, além de complexa, é um problema notadamente espacial. Daí o emprego do geoprocessamento como instrumento auxiliar aos gestores para aquisição, manipulação, armazenamento, combinação, análise e recuperação de informações importantes que direcionam à tomada de decisões. Neste contexto, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma ferramenta poderosa e deve ser encarada como atividade estratégica e rotineira para o processo administrativo (Câmara; Medeiros, 1998). No Brasil, poucas são as prefeituras que utilizam as técnicas de geoprocessamento há mais de uma década (Davis Jr, 2002).

As informações geradas, a partir de mapas temáticos obtidas a partir de SIG para o ordenamento do territorial são inúmeras, tais como: levantamentos do relevo, hidrografia, características geológicas, geomorfológicas, declividades ou áreas de ocorrências de doenças e área de expansão urbana, análise de infraestrutura, informações socioeconômicas, plano diretor, lei de uso e ocupação do solo, zoneamento, análises de interesses ambientais (Camêra *et al.*, 1996).

O estudo dessa bacia deu-se devido a sua importância para a região metropolitana do Recife (RMR), uma vez que, a barragem do Tapacurá foi construída com o intuito de diminuir as cheias em períodos extremos de precipitação no Recife e em épocas de escassez de chuvas, servindo para o abastecimento humano dessa região.

O objetivo deste trabalho foi diagnosticar as áreas de risco de inundação, caracterizando as principais causas relacionadas à ocorrência deste evento, uma vez que a BHRT se apresenta com relevante importância para o abastecimento de água para a RMR.

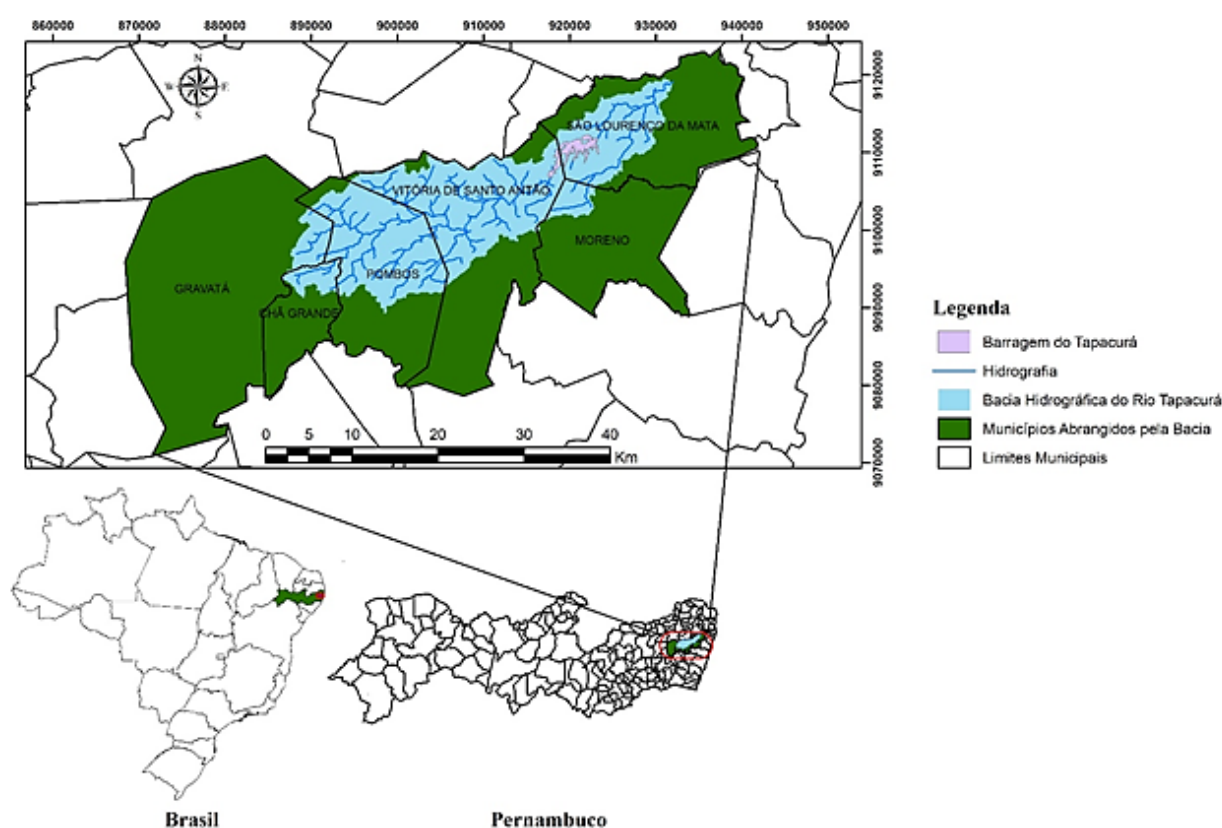
MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo foi a bacia hidrográfica do rio Tapacurá (BHRT) que possui uma área de 471,33 Km² (Figura 1), tendo sua localização entre a Zona da Mata e o Agreste Pernambucano entre as latitudes 7° 58' 0" S e 8° 13' 0" S e as longitudes 35° 5' 0" O e 35° 30' 0" O (Braga, 2001).

Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá.

Figure 1: Location of the Tapacurá River Basin.



Fonte: Os Autores (2022).

Conforme Dantas, Tavares e Silva (2011) a BHRT é uma sub-bacia pertencente a bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, na qual é composta por doze sub-bacias sendo as principais formadas pelos riachos Itapessirica, Natuba, Gameleira e Várzea do Una e abrange seis municípios, sendo que 38,6% localizam-se em Vitória de Santo Antão, 31,2% em Pombos, 19,8% em São Lourenço da Mata, 4,3% em Gravatá, 3,3% em Moreno e 2,8% em Chã Grande. O Rio Tapacurá possui comprimento de

72,6 km, considerando seu percurso desde a nascente, no município de Gravatá, até a desembocadura no Rio Capibaribe, no município de São Lourenço da Mata, do qual é o principal afluente (Dutra, 2005).

De acordo com a classificação climática de Köppen, a região da bacia Tapacurá é do tipo As', com clima quente e úmido do tipo tropical. A bacia se estende de Oeste, no começo da região Agreste, com precipitação anual de 800 mm, até a zona da mata, a leste, com valores de precipitação anual até 1.650 mm (Silva; Montenegro; Santos, 2012). O período chuvoso da bacia ocorre entre os meses de março e julho, com temperatura média mensal oscilando entre 23 e 27 °C, enquanto a umidade relativa do ar, durante os meses de maio a agosto é superior a 75% (Duarte, 2009; Oliveira, 2012).

Quanto a sua morfoestrutura, caracteriza-se predominantemente pela presença de rochas do complexo gnáissico-magmático indiscriminado formadas no paleoproterozóico, ocorrendo feições intensamente retrabalhadas, principalmente, nas direções NW a SW, contribuindo para estabelecer uma área captadora e geradora de maior fluxo de escoamento das águas superficiais (Duarte, 2009).

Referente aos solos da bacia é característico a presença dos Argissolos vermelho-amarelos e Argissolos amarelos. Além disso, a região apresenta uma deficiência na capacidade de infiltração dos solos, motivados pela presença de um horizonte B subsuperficial com significativo teor de argila tornando-o um fator redutor para a infiltração (Ricardo Bezerra *et al.*, 2017). Já no trecho dos planaltos rebaixados encontramos o Latossolo nos topos planos, sendo profundos e bem drenados; nas vertentes íngremes temos o Argissolo, sendo pouco a medianamente profundo e bem drenado, e também o Gleissolo de Várzea nos fundos de vales estreitos, com solos orgânicos e encharcados, sendo mal a muito mal drenado.

A cobertura florestal referente a BHRT é composta por remanescentes da Mata Atlântica e vegetação capoeira. De acordo com Santos (2015), a sua cobertura vegetal nativa tem sido suprimida ao longo dos anos com a ação de queimadas e desmatamentos realizados para a expansão agrícola e pecuária na bacia. Essa forte pressão antrópica tem comprometido a qualidade e a disponibilidade hídrica para a RMR, em razão da poluição dos principais rios dessa bacia, como constatados nos estudos de Silva (2010) e Santos (2015).

Banco de dados e modelagem digital

Foram utilizadas para compor a base do mapeamento e para coleta de dados, cenas de imagens da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), resolução espacial de 30 m e mosaico de imagens de sensor óptico Landsat 8, com resolução espacial de 30 m e resolução temporal de 16 dias. Após a aquisição e montagem do banco de dados, as imagens foram transformadas para projeção UTM (*Universal Transversal Mercator*), SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas). As imagens do modelo digital de elevação (MDE) e multiespectral da missão Landsat foram obtidas gratuitamente, nos sites do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Earth Explorer do United States Geological Survey (USGS).

A modelagem digital foi realizada no software ArcGIS da *ESRI GIS and Mapping Software*, licenciado para o Laboratório de Geotecnologias da UFRPE. Uma rotina no módulo Catalog do ArcGIS

foi executada, para criação de uma plataforma de armazenamento e organização dos dados e produtos (mapas temáticos) obtidos, denominada GeodataBase “Diagnostico_Geoambiental_PE”, subdividida em topográficos e morfométricos, uso e risco de inundação.

A extensão para modelagem no programa foi o HYDROLOGY (Soil and Water Assessment Tool) ferramenta computacional desenvolvida pelo Blackland Research Center da Texas Agricultural Station e USDA Agricultural Research Service, comumente utilizada em trabalhos realizados no Agricultural Research Service e na Texas A&M University.

Mapas temáticos

Os mapas dos fatores ambientais altitude, declividade uso e ocupação do solo, unidades de mapeamento de solo, foram gerados a partir do mosaico SRTM e das imagens do sensor orbital Landsat 8 pelo processamento em plataforma ARCMAP. Os resultados morfométricos da bacia foram processados por meio do módulo *HYDROLOGY* presente na extensão *Spatial Analyst* do ArcGIS. Posteriormente, foram reclassificados em classes, as quais receberam valores que variaram em uma escala de 0 a 10, referentes ao grau de susceptibilidade à inundação e determinação dos pesos estatísticos do modelo para cada fator ambiental envolvido, sendo hierarquizados utilizando o método de AHP (*Analytic Hierarchy Process*) proposto por Saaty (1977, 2008).

Para Siqueira *et al.* (2017) e Machado *et al.* (2018), as análises convencionais de multicritérios são normalmente usadas em diversas aplicações ambientais, assim como enchentes e inundações. O esquema de reclassificação referente ao grau de susceptibilidade à inundação (Tabela 1) e os pesos de cada fator (Tabela 2) foram determinados a partir da importância de cada um dos fatores, sendo eles obtidos em levantamentos bibliográficos e em debates dentro de uma equipe multidisciplinar composta por agrônomos, engenheiros florestais, biólogos, advogados e geógrafos.

Tabela 1: Classes susceptibilidade a inundação. <i>Table 1: Flood susceptibility classes.</i>	
Susceptibilidade a inundação	Grau
Menos susceptível	0
Mais susceptível	10

Fonte: Os Autores (2022).

Tabela 2: Fatores, grau de susceptibilidade as classes e pesos.
Table 2: Factors, degree of susceptibility to classes and weights.

Fator: Altitude		
Classes	Grau de Susceptibilidade	Peso do Fator
< 500	10	7
Fator: Declividade		
Classes	Grau de Susceptibilidade	Peso do Fator
0 - 3% Plano	10	3
3 - 8% Suavemente ondulado	9	
8 - 20% Ondulado	5	
20 - 45% Fortemente ondulado	3	
45 - 75% Montanhoso	1	
> 75% Fort. montanhoso	1	
Fator: Uso do solo		
Classes	Grau de Susceptibilidade	Peso do Fator
Corpo d´água continental	10	5
Influência urbana	9	
Agropecuária	8	
Floresta e Vegetação	1	
Fator: Tipo de solo		
Classes	Grau de Susceptibilidade	Peso do Fator
Gleissolo, Neossolo, Planossolo	5	1
Latossolo, Argissolo, Luvisolo	3	

Fonte: Os Autores (2023).

Altitude: O peso desse fator foi determinado com valor 7, pois o mesmo influencia no perigo a inundação principalmente em função do acúmulo de água nas regiões de baixa altitude. Devido essa razão foi determinado que em áreas de até 500 m de altitude possuem maior probabilidade de

inundação recebendo, portanto, grau 10 e, enquanto que áreas de maior altitude possuem peso mais baixo.

Declividade: O peso atribuído a esse fator foi o valor 3, pois influencia diretamente no acúmulo de água no terreno, visto que áreas planas apresentam maiores probabilidades de sofrer inundação do que áreas mais declivosas. Portanto foi determinado o grau 10 para as áreas planas com até 3% declividade, onde a suscetibilidade de inundação é muito alta. Outro ponto constatado é que o aumento de declividade possibilita um maior escoamento de água e, portanto, receberam pesos mais baixos.

Uso do solo: O peso atribuído a esse fator foi o valor 5, pois as condições de cobertura do solo podem potencializar a ocorrência de enchentes, especialmente devido à impermeabilização dos solos, urbanização e corpos d'água. Portanto foi determinado o grau 10 para as áreas com presença de corpos d'água, enquanto que o peso mínimo foi atribuído às áreas com vegetação secundária ou presença de florestas.

Tipo de Solo: O peso atribuído a esse fator foi o valor 1, pois o tipo de solo reflete na capacidade de infiltração e escoamento superficial da água. Sendo assim foi determinado o maior grau para as classes de solos que frequentemente são inundadas.

Para verificar a consistência dos pesos estatísticos calculados, foi verificada a razão de consistência (EQUAÇÃO 1), a qual deve ser menor que 0,10 para que o modelo seja aceitável. RC é a razão de consistência, IR é o índice aleatório e IC é o índice de consistência.

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad \text{(EQUAÇÃO 1)}$$

Após haver validado os pesos estatísticos, para a elaboração do mapa de risco de inundação, foi utilizado o modelo matemático proposto a baixo na EQUAÇÃO 2.

(EQUAÇÃO 2)

$$\text{Risco de inundação} = (0,5650 \times \text{Altitude}) + (0,2622 \times \text{Uso do solo}) + (0,1175 \times \text{Declividade}) + (0,0553 \times \text{Classe de solo})$$

O critério adotado para a geração do mapa de risco de inundação seguiu a distribuição de todos os coeficientes e, posteriormente dos pesos, para cada fator ambiental, sendo determinado a partir da importância de cada fator.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de se obter uma melhor visualização de toda a área da BHRT foram gerados cinco mapas temáticos: o mapa das bacias hidrográficas, da altimetria (Figura 2), da rede de drenagem (Figura 3), declividade (Figura 4) e curvas de nível (Figura 5) do município.

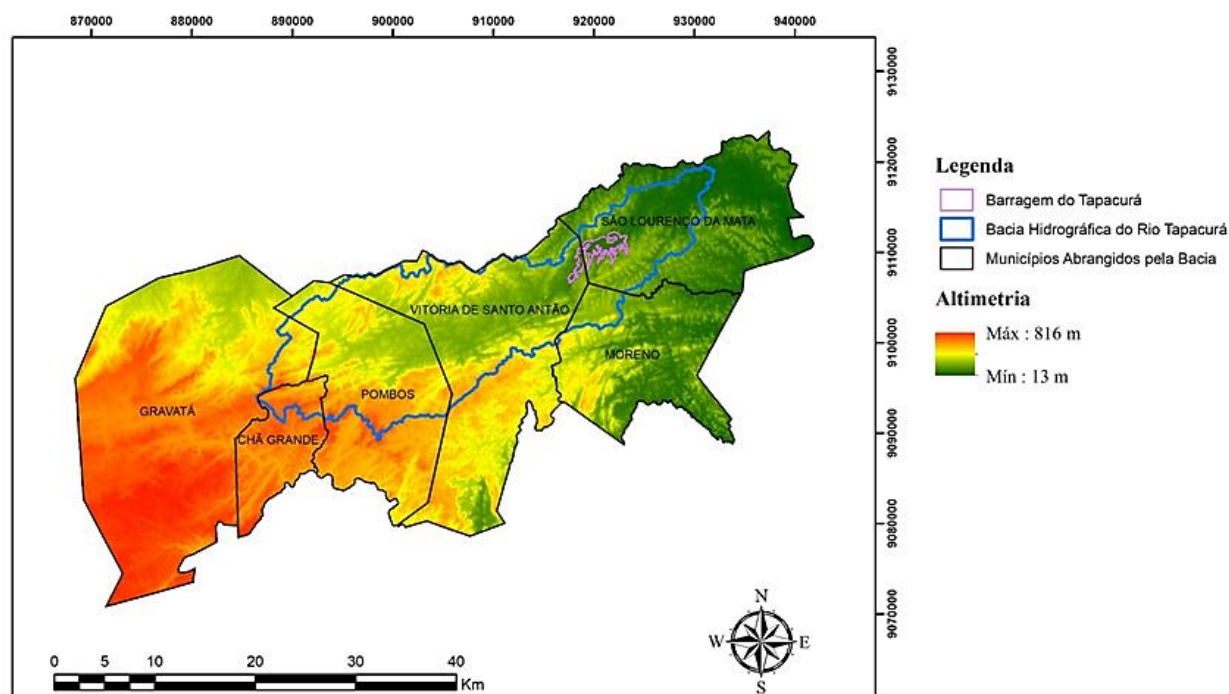
O mapa de altimetria (Figura 2) demonstrou que a bacia do rio Tapacurá apresenta altitude mínima de 47 m e uma máxima de 597 m acima do nível do mar. Próximo ao encontro do Rio Tapacurá com o rio Capibaribe suas altitudes chegam a variar de 47 a 100 m, no centro da bacia chegam a alcançar de 100 a 200 metros de altitude, enquanto que a noroeste e sudoeste acima de 250 m.

Na Figura 5 evidencia-se o mapa das classes de declividades preconizadas pela Embrapa (1979), no qual observa-se que a classe de declive que tem maior ocorrência é a classe de tipo ondulado, que apresentou 42,7 % de toda área da bacia. Em contrapartida constatou-se que a classe de declividade que tinha menor ocorrência foi a classe de declive escarpado, no qual apresentou cerca de 0,001% da área da BHRT.

Através do banco de dados do site do IBGE foi possível obter o mapa de uso e ocupação do solo (Figura 6) e o mapa de classes do solo (Figura 7).

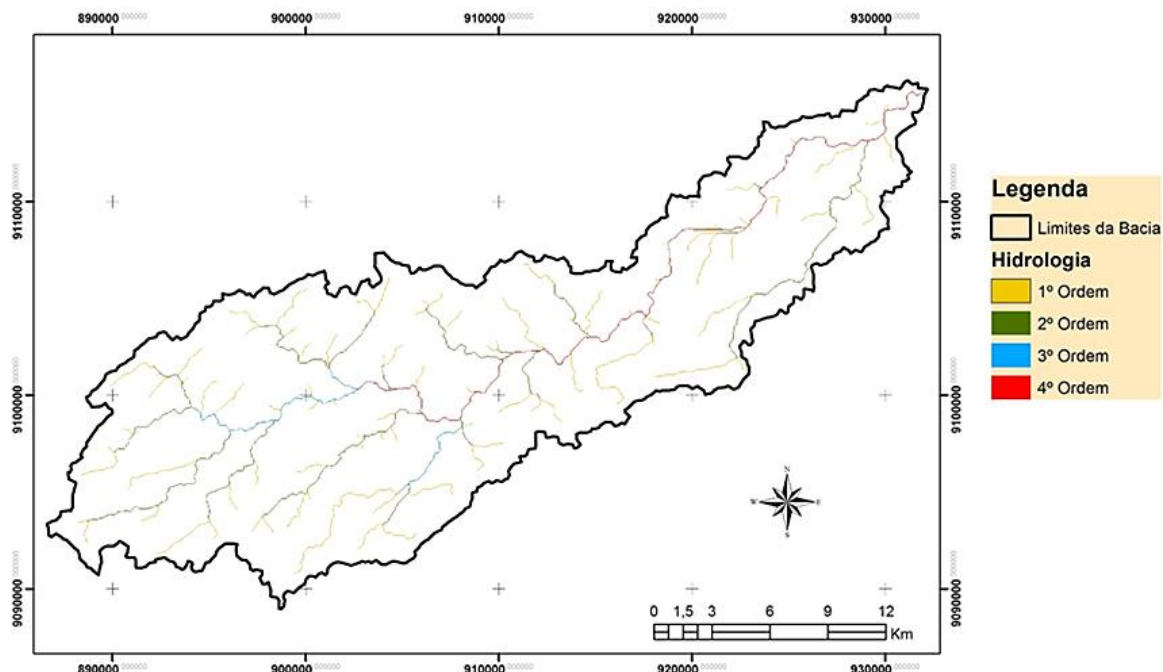
Figura 1: Altimetria da Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá.

Figure 2: Altimetry of the Tapacurá River Basin.



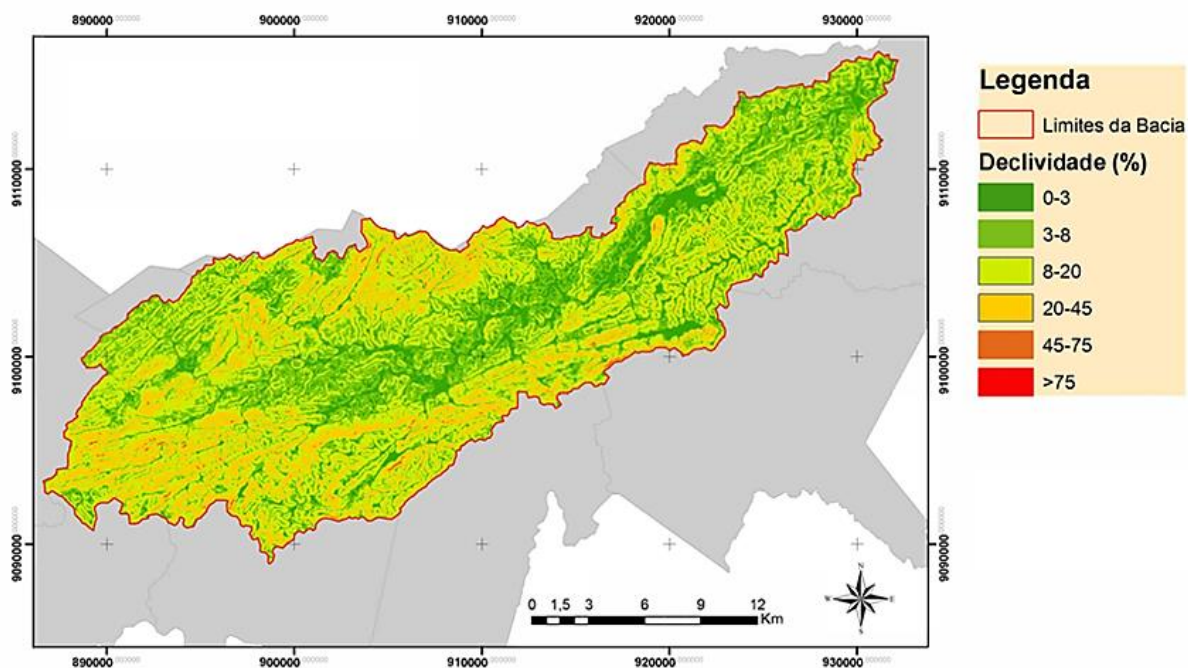
Fonte: Os Autores (2022).

Figura 3: Rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá.
Figure 3: Drainage network of the Tapacurá River Basin.



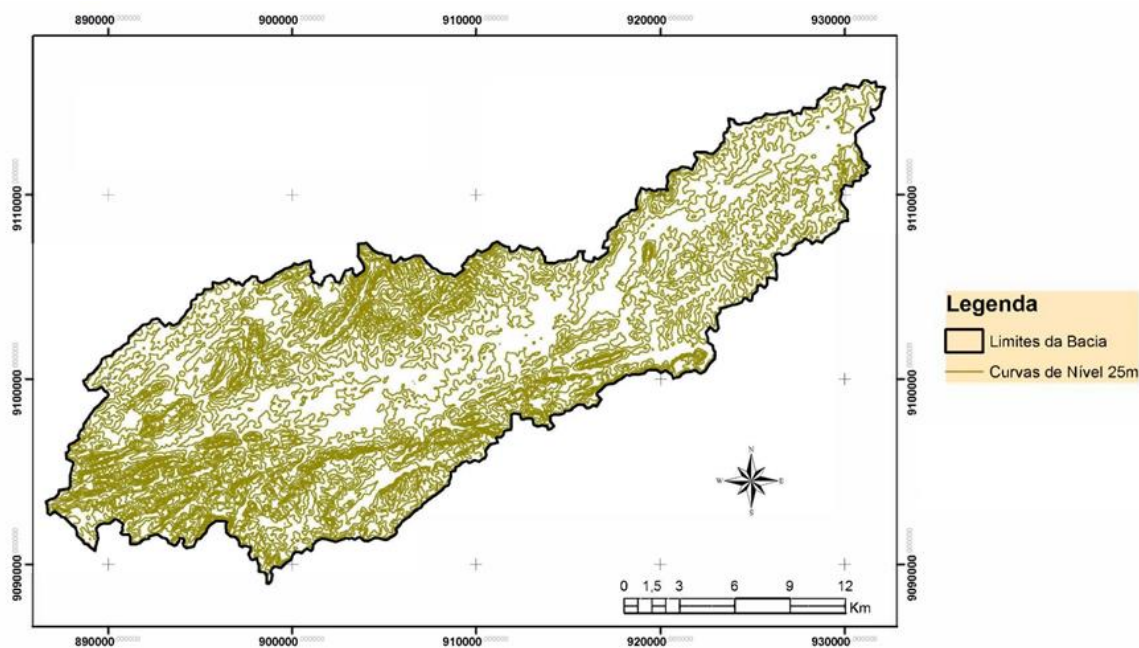
Fonte: Os Autores (2022).

Figura 4: Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá.
Figure 4: Slope of the Tapacurá River Basin.



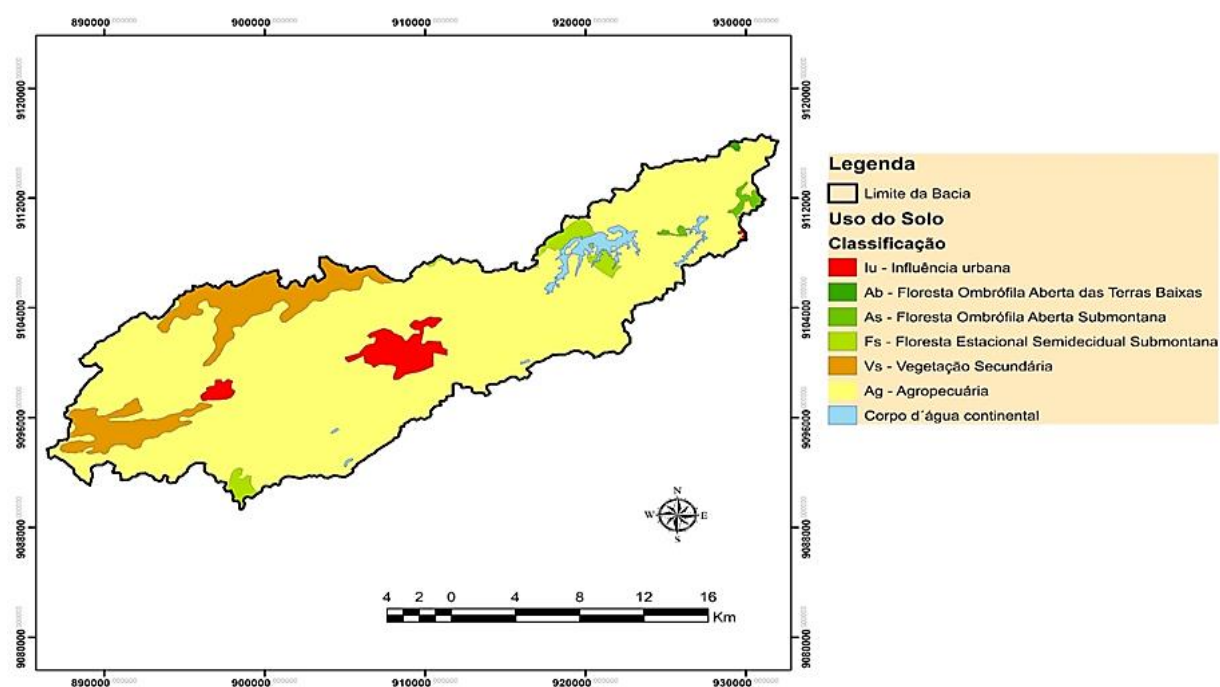
Fonte: Os Autores (2022).

Figura 5: Curvas de nível 25m da Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá.
Figure 5: 25 m contour line of the Tapacurá River Basin.



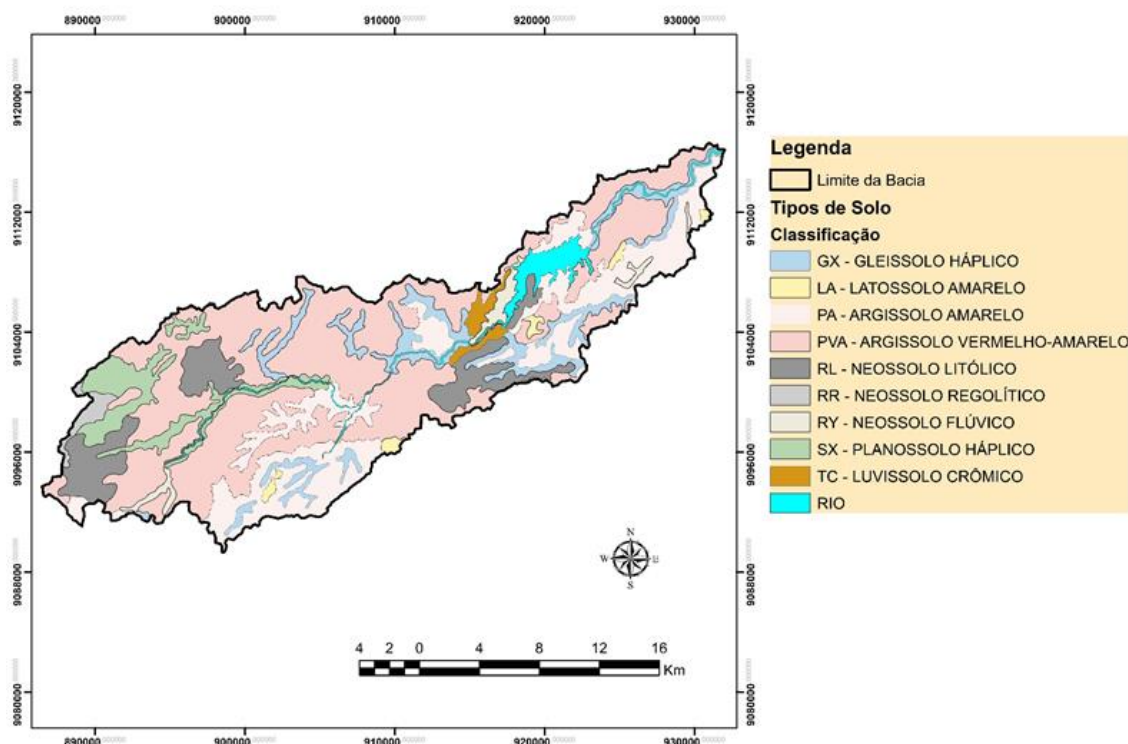
Fonte: Os Autores (2022).

Figura 6: Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá.
Figure 6: Map of land use and occupation in the Tapacurá River Basin.



Fonte: Os Autores (2022).

Figura 7: Mapa de classes de solo da Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá.
Figure 7: Map of soil classes of the Tapacurá River Basin.



Fonte: Os Autores (2022).

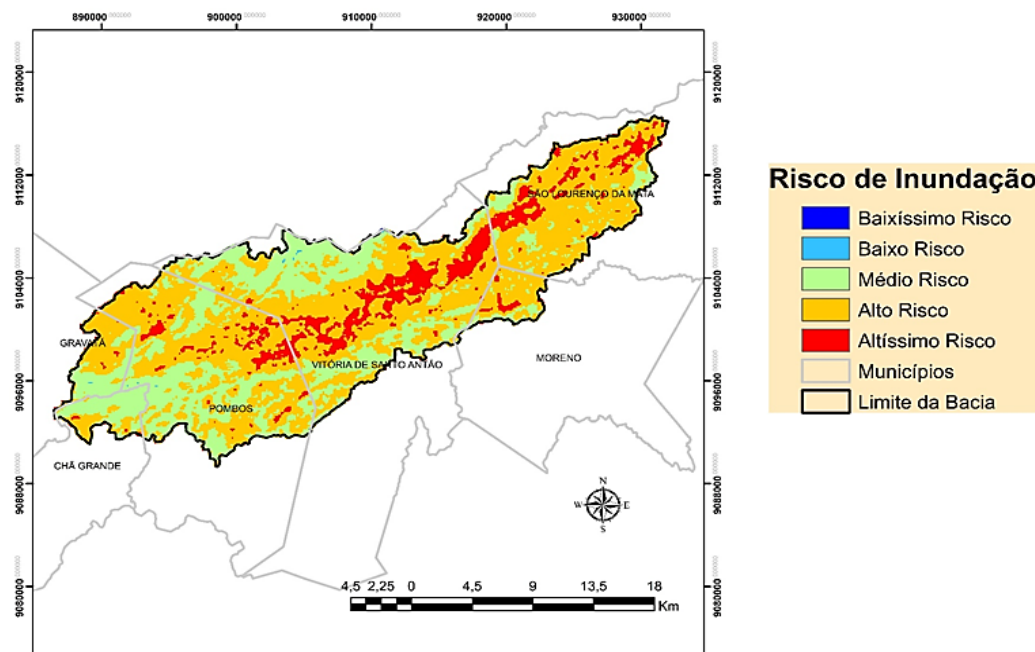
É possível averiguar que o perigo de inundação da Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá (Figura 8) deve-se a um conjunto de fatores associados, como: a altimetria, a declividade, as classes de solo e o uso e ocupação do mesmo. Sendo assim, observou-se que as áreas de altíssimo risco de inundação ocorrem nas porções de menor altitude, baixa declividade da bacia, próximos a corpos d'água, na presença de solos mal drenados e com baixo escoamento superficial.

Quanto as áreas de alto risco de inundação, foi possível observar que as mesmas encontram-se em áreas urbanas, nas porções de menor altitude, em baixa declividade da bacia, na presença de solos mal drenados ou impermeabilizados e com baixo escoamento superficial.

As áreas de médio risco foram encontradas em áreas cujas altitudes são elevadas, apresentam declividade acima de 8%, seus solos estão destinados a agropecuária, apresentam solos mal a bem drenados, porém seu fator de susceptibilidade a inundação varia entre 4 – 6%.

Quanto as áreas de baixo risco, estas encontram-se nas áreas mais elevadas da bacia acima dos 500 m, possuem boa declividade, porém apresentam baixa capacidade de infiltração e escoamento superficial da água devido a classe e uso do solo.

Figura 8: Mapa de risco de inundação da Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá.
Figure 8: Flood risk map of the Tapacurá River Basin.



Fonte: Os Autores (2022).

As áreas de baixíssimo risco, estão localizadas nas regiões mais elevadas da bacia acima dos 500 m, onde apresentam boa declividade, alta capacidade de infiltração e escoamento superficial da água devido a classe e uso do solo.

Foi possível constatar que entre os municípios abrangidos pela BHRT, que dois deles apresentam áreas com maior grau de susceptibilidade a inundação, sendo eles, Vitória de Santo Antão e São Lourenço da Mata. Já os municípios de Gravata e Pombos localizam-se em áreas de menor grau de susceptibilidade a inundação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do modelo AHP na BHRT possibilitou o melhor entendimento da bacia, bem como também a obtenção de informações relevantes para o processo de identificação de áreas susceptíveis a inundação na Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFIERI, L. *et al.* A global network for operational flood risk reduction. **Environmental science & policy**, v. 84, p. 149–158, 2018.

BRAGA, R. A. P. (Coord.) **Gestão ambiental da bacia do Tapacurá: Plano de ação**. UFPE/CTG/DECIVIL/GRH; Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2001.

BRAGA, S. E. *et al.* Environmental conflict of land use in Tapacurá-PE hydrographic basin. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e52310212833, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i2.12833.

CALDAS, A. M. **Diagnóstico geoambiental no município de Batatais-SP**. 2015. 108f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/136712>.

CALDAS, A. M.; PISSARRA, T.C.T.; COSTA, R.C.A.; NETO, F.C.R.; ZANATA, M.; PARAHYBA, R. Da B.V.; SANCHES FERNANDES, L.F.; PACHECO, F.A.L. Flood Vulnerability, Environmental Land Use Conflicts, and Conservation of Soil and Water: A Study in the Batatais SP Municipality, Brazil. **Water**, v.10, n.10, 2018. ISSN: 2073-4441. DOI: 10.3390/w10101357.

CAMÂRA, G.; CASANOVA, M. A.; HERMELY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Campinas: Editora da UNICAMP, 1996. p. 193.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Ed.). **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 1998.

CHRISTOFOLETTI, R. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: UNESP; Edgard Blücher, 1999. 236p. ISSN: 01034138.

DANTAS, R. R. L.; TAVARES, R. G.; SILVA, V. P. Poluição da bacia do Rio Tapacurá: florações de cianobactérias, consequência do nível trófico. In: IWRA World Water Congress, 14^o, **Anais [...]** IPOJUCA, 2011.

DAVIS JÚNIOR, C. A. Geoprocessamento: dez anos de transformações. **IP: Informática Pública**, Belo Horizonte, MG, n. 1, p. 17-24, 2002.

DUARTE, C.C **Análise dos impactos das mudanças climáticas no escoamento superficial da bacia hidrográfica do Rio Tapacurá- PE, a partir da utilização de um modelo de balanço hídrico mensal semi-distribuído**. 2009. 125f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

DUTRA, T. D. M. **Uso dos recursos hídricos e florestais e sua relação com as áreas de preservação permanente na bacia do riacho Gameleira, afluente do Tapacurá-PE**. 2005. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *In*: Reunião Técnica de Levantamento de Solos, 10, 1979, Rio de Janeiro. **Súmula [...]** Rio de Janeiro, p. 83, 1979.

ERDLENBRUCH, K.; GRELOT, F. Economic Assessment of flood prevention projects. **Floods**, p. 321–335, 2017.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological society of America Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275–370, 1945. ISSN: 1943-2674.

MACHADO, E. R.; VALLE JÚNIOR, R.F.Do; SANCHES FERNANDES, L.F.; PACHECO, F.A.L. The vulnerability of the environment to spills of dangerous substances on highways: A diagnosis based on multi criteria modeling. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 62, p. 748–759, 2018. ISSN: 1361-9209. DOI: 10.1016/J.TRD.2017.10.012.

MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à Hidrogeografia**. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2012.

MEDEIROS, C. B.; PIRES, F. Banco de dados e sistemas de informações geográficas. In: ASSAD, E.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas**. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa, SPI, cap. 3, 31-45, 1998.

MORAES, A. C. R. **Configuração de metodologia para o macrozonamento costeiro do Brasil**. Brasília: M.M.A/IBAMA, 1993. 51 p. (Relatório final).

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2003. p. 294.

OLIVEIRA, L. M. M. **Estimativa da evapotranspiração real por sensoriamento remoto na bacia do Rio Tapacurá – PE**. 2012. 156f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

POPP, J. H. **Geologia Geral**. 6. ed. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional. LTC, 2010.

PORTO, R. de M. **Hidráulica Básica**. 4. ed. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP, 2006. (Escola de Engenharia de São Carlos – EESC).

RICARDO BEZERRA, M.; VIEIRA, M.; NETO, B.; MARQUES DE, E.; JÚNIOR, M.; GIRÃO, O. Análise do perigo de inundação na bacia hidrográfica do Rio Tapacurá –PE. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 99–110, 2017. ISBN: 978-85-85369-16-3. DOI: 10.20396/SBGFA.V1I2017.1781.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.

SAATY, T. L. Scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, San Diego, CA, v.15, p. 234-281, 1977.

SANTOS, J. Y. G. **Implicações das mudanças do clima e uso do solo nos processos hidrossedimentológicos da bacia do rio Tapacurá**. 2015. 210f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

SILVA, D. G. da; MELO, R. F. T. de e CORRÊA, A. C. de B.A. Influência da Densidade de Drenagem na interpretação da evolução Geomorfológica do complexo de Tanques do Município de Brejo da Madre de Deus – Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v.26, n.3, 2009.

SILVA, R. M. **Análise da perda de solos na Bacia do Rio Tapacurá mediante previsão climática e modelos de erosão**. 2010. 133f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

SILVA, R. M.; MONTENEGRO, S. M. G.; SANTOS, C. A. G. Integration of GIS and remote sensing for estimation of soil loss and prioritization of critical sub-catchments: a case study of Tapacurá catchment. **Natural Hazards**, v. 63, n. 3, p. 576- 592, 2012.

SIQUEIRA, H. E.; PISSARRA, T. C. T.; DO VALLE JUNIOR, R. F.; FERNANDES, L. F.S .; PACHECO, F.A. L. A multi criteria analog model for assessing the vulnerability of rural catchments to road spills of hazardous substances. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 64, p. 26–36, 2017. ISSN: 0195-9255. DOI: 10.1016/J.EIAR.2017.02.002.

STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, V.T. (Ed.). **Handbook of applied Hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1964. p. 439-476.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: ABRH, 2004.

VAZ, A. P. de M. S.; RAMOS, S. M.; FROEHNER, S. J. Bacia hidrográfica do rio balsas: diagnóstico físico e avaliação qualitativa de áreas suscetíveis à erosão TT - Balsas river basin: physical diagnosis and qualitative presentation of erosion-susceptible areas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 1, p. 77–87, 2021. ISSN: 1413-4152. DOI: 10.1590/s1413-415220190257.

VILELLA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.