

# Suscetibilidade a inundações no município de petit-goâve, Haiti

*Susceptibility to flood in the municipality of petit-goâve, Haiti*

*Susceptibilidad a inundaciones en el municipio de petit-goâve, Haiti*

Jania Laguerre <sup>1</sup>  <https://orcid.org/0009-0002-6051-7581>

Miguel Fernandes Felipe <sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-0261-4298>

<sup>1</sup> Universidade Federal Juiz de Fora  Juiz de Fora (MG), Brasil

Autor de correspondência: [laguerrejanias88@gmail.com](mailto:laguerrejanias88@gmail.com)

Recebido: 16 Maio 2023. Aceito: 25 Jul. 2023

Editor de seção: Antônio Carlos Oscar Júnior

## Resumo

**Introdução:** Haiti, um dos países do Caribe, possui um território montanhoso, constituído por uma geologia de forte influência vulcânica e que é frequentemente assolado por desastres naturais, como terremotos, furacões e inundações. Petit-Goâve é uma das cidades sujeitas ao fenômeno das inundações a cada estação chuvosa. **Objetivo.** Este estudo foi realizado na bacia hidrográfica do rio La Digue, principal do município, e teve o objetivo de elucidar os aspectos hidrogeomorfológicos que condicionam a suscetibilidade a inundações na bacia. **Método:** Para tanto, tivemos a apresentação dos aspectos fundamentais da hidrogeomorfologia do terreno baseadas na pesquisa bibliográfica, na interpretação de um modelo digital de terreno (MDT), de imagens de satélite e na análise morfométrica. **Conclusão:** Os resultados preliminares, apresentados na forma de mapeamentos, evidenciam que os desníveis altimétricos controlados por importantes knickpoints são grande energia ao sistema fluvial alimentado por grandes volumes de água no período de furacões o que leva inexoravelmente ao extravasamento do leito maior no baixo curso do rio La Digue.

**Palavras-chave:** hidrogeomorfologia, suscetibilidade de inundação, análise morfométrica, Haiti.

## Abstract

**Introduction :** Haiti, one of the Caribbean countries, has a mountainous territory, made up of a geology with a strong volcanic influence and which is frequently hit by natural disasters such as earthquakes, hurricanes and floods. Petit-Goâve is one of the cities subject to the phenomenon of floods every rainy season. **Objective.** This study was carried out in the hydrographic basin of the river La Digue, the main one in the municipality, and aimed to elucidate the hydrogeomorphological aspects that condition the susceptibility to flooding in the basin. **Method:** Therefore, we had the presentation of the fundamental aspects of the hydrogeomorphology of the land based on the bibliographical research, the interpretation of a digital terrain model (MDT), satellite images and the morphometric analysis. **Conclusion.** Preliminary results, presented in the form of maps, show that the height differences controlled by important Knick points give great energy to the river system fed by large volumes of water during the hurricane period, which leads inexorably to the overflow of the larger bed in the lower course of the La River La Digue.

**Keywords:** hydrogeomorphology, flood susceptibility, morphometric analysis, Haiti.

## Resumen

**Introducción:** Haití, uno de los países del Caribe, tiene un territorio montañoso, conformado por una geología con fuerte influencia volcánica y que es frecuentemente azotado por desastres naturales como terremotos, huracanes e inundaciones. Petit-Goâve es una de las ciudades sujetas al fenómeno de las inundaciones cada temporada de lluvias. **Objetivos:** Este estudio se realizó en la cuenca hidrográfica del río La Digue, el principal del municipio, y tuvo como objetivo dilucidar los aspectos hidrogeomorfológicos que condicionan la susceptibilidad a inundaciones en la Cuenca. **Método:** Por ello, tuvimos la presentación de los aspectos fundamentales de la hidrogeomorfología del terreno a partir de la investigación bibliográfica, la interpretación de un modelo digital del terreno (MDT), imágenes satelitales y el análisis morfométrico. **Conclusión:** Los resultados preliminares, presentados en forma de mapas, muestran que los desniveles controlados por puntos importantes dan gran energía al sistema fluvial alimentado por grandes volúmenes de agua durante el período ciclónico, lo que conduce inexorablemente al desbordamiento del cauce mayor en la parte baja curso del río La Digue.

**Palabras-clave:** hidrogeomorfología, susceptibilidad a inundaciones, análisis morfométrico, Haití

## Introdução

O Haiti frequentemente é manchete nos noticiários internacionais devido à recorrência de desastres naturais associados a uma população de grande vulnerabilidade social, gerando tragédias humanitárias. Dominado por uma paisagem montanhosa, onde as encostas são muito íngremes, se constitui pelo domínio de múltiplas formações geológicas. Com a vegetação primária extremamente ameaçada, possui clima tropical, com médias de temperaturas elevadas o ano todo. Sua rede hidrográfica é composta por um conjunto de bacias e subbacias de pequeno porte, bastante difundida no território, que tem como característica rios curtos e de grande amplitude altimétrica.

Dentre os desastres naturais que assolam o país, as inundações são um dos que mais causam vítimas. O último caso extremo foi em setembro de 2004, durante o ciclone Jeanne que inundou toda a cidade de Gonaives e causou mais de 3.000 mortes<sup>1</sup>. Porém, a situação não é tão diferente em outras cidades do país.

Segundo ISDR (2002), inundações são problemas geoambientais derivado de fenômenos ou perigos (hazards) naturais de caráter hidrometeorológico ou hidrológico, ou seja, aquele de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica (SOUZA, 2005, p.26). De modo pragmático, Charlton (2008, p. 30) define inundação a partir da “vazão relativamente alta que excede a capacidade do canal”, desencadeando o fluxo de água do rio para áreas adjacentes à seção transversal do canal, configurando as chamadas “planícies de inundação”. Assim, é notório que a ocorrência de uma inundação é o resultado de vários fatores que interferem na formação dos escoamentos e em sua propagação ao longo da bacia hidrográfica de contribuição (PINHEIRO, 2007).

Nesse sentido, o escoamento superficial é um dos fatores a serem analisados no estudo das inundações. Segundo Collischonn e Dornelles (2013, p.131-132), o escoamento tem origens diferentes dependendo se está ocorrendo um evento chuva ou não. Durante as chuvas intensas, a maior parte da vazão que passa por um rio é a água da própria chuva que não consegue penetrar no solo e escoar imediatamente, atingindo cursos d'água e aumentando a vazão dessa forma os picos de vazão e as cheias. Existem dois principais processos de reconhecidos na formação do escoamento superficial: precipitação de intensidade superior à capacidade de infiltração e precipitação sobre o solo saturados.

A susceptibilidade é a probabilidade de um determinado fenômeno ocorrer independente de fatores sociais, mas tendo a sociedade como um elemento interferente que acelera ou retarda. Outro ponto é que a susceptibilidade é específica de um fenômeno. Assim, as características do ambiente podem torná-lo mais suscetível a movimentos de massa e menos a inundações, por exemplo (GIRAO e al., 2018, p.72). Caracteriza-se pela possibilidade de ocorrência de um fenômeno, inerente ao local de ocupação, e pela ação do ser humano seu potencial agravante (FERRAZ; VALADÃO, 2020, p.16).

Então, ao estudar a susceptibilidade às inundações, há um conjunto de critérios a serem levados em consideração: aspectos topográficos (elevação, inclinação, índice de umidade), aspectos hidrológicos e aspectos físicos.

Galéa e Prudhomme (1997, p.86) qualificaram a hidrologia como uma ciência que tem a capacidade de responder a muitas questões ligadas às noções de duração e frequência dos eventos hidrológicos observados ou prováveis de ocorrer. Já Laborde (2000, p.1), define a hidrologia como sendo “o estudo do ciclo da água e a estimativa de suas diversas vazões”. Ele passa a descrever a hidrologia em sentido amplo, indicando que inclui, por um lado,

---

<sup>1</sup> <https://www.reliefweb.int/report/haiti/haiti-the-storm-hanna-leaves-ten-deaths-in-gonaives-several-regions-of-the-country>

climatologia, para a parte aérea do ciclo da água (precipitação, retorno à atmosfera, transferências, etc.), hidrologia de superfície, para fluxos na superfície dos continentes.

Portanto, entende-se que a hidrologia inclui climatologia e hidrologia de superfície. Preocupa-se, também, em clarificar alguns parâmetros, como a precipitação, o início das cheias, o caudal das águas superficiais, sem esquecer o papel das bacias hidrográficas.

O termo hidrogeomorfologia foi mencionado pela primeira vez em 1973 por Scheidegger. Para ele qualquer modificação do relevo que se forma a partir da interação da água, seja ela subterrânea ou superficial, é um processo hidrogeomorfológico. Portanto a morfologia na paisagem pode ser compreendida a partir da hidrogeomorfologia (SCHEIDEGGER 1973). Esse conceito evoluiu ao longo do tempo.

Babar (2005), descreveu a hidrogeomorfologia como a ciência relativa aos aspectos geográficos, geológicos e hidrológicos dos corpos d'água e às mudanças no relevo em resposta às variações dos eventos, decorrentes de causas naturais e humanas. Goerl (2012) descreveu esse conceito como a ciência que conecta hidrologia e geomorfologia em uma escala de centenas a milhares e milhões de anos. Para Goerl (2012), a hidrogeomorfologia visa estudar os processos hidrogeomorfológicos de três tipos principais: "inundações, fluxos hiperconcentrados e lavas torrenciais" (GOERL, 2012, p.105,108).

Portanto, a hidrogeomorfologia é uma ciência que pode ser entendida como os processos hidrológicos que contribuem para a formação e evolução dos processos geomorfológicos em diferentes escalas temporais e espaciais (GOERL, 2012, p.105,106). Dessa forma, a hidrogeomorfologia constitui um novo campo de conhecimento, essencialmente interdisciplinar, que engloba as ligações entre os processos hidrológicos e geomorfológicos (FELIPPE, 2013, p. 37).

Entendendo o sentido da multidisciplinaridade e da multiescalaridade que a hidrogeomorfologia apregoa, podemos fundamentar os estudos de sucessão de cheias de Petit-Goâve, relacionando os fundamentos hidrológicos associados à distribuição temporal e espacial das águas, com o controle dessa dinâmica exercido pela morfologia do relevo. Sendo assim, compreender os fatores hidrogeomorfológicos que contribuem para a ocorrência de inundações nas cidades haitianas é fundamental.

A cidade de Petit-Goâve, durante várias décadas, viveu situações dramáticas, com as últimas datadas de 2018. No intervalo de um mês a população sofreu duas inundações muito violentas. Petit-Goâve está localizada no departamento Oeste, no distrito de Léogane, na passagem nº 2 Nacional, que liga Petit-Goâve à capital Porto Príncipe, (68 km ao sul). A sua área é de 387,88 Km<sup>2</sup>. O município é composto pela vila de Petit-Goâve e 12 seções comunais. A posição geográfica deste município lhe confere um nível de susceptibilidade a inundações muito elevado; além disso, sua rede de drenagem não recebe obras de intervenção para contenção de cheias há mais de 30 anos. Neste contexto, o município apresenta desafios ambientais e sociais muito fortes.

Junto a esta realidade histórica e flagrante do risco de inundações, devem-se observar alguns fatores que agravam a situação no município de Petit-Goâve, tais como: ausência de obras da atenuação de cheias na bacia hidrográfica, despreparo para atuação nos casos de inundações, ausência de plano de urbanização concreto e ausência de um plano de desenvolvimento local. Esses fatos insistem em colocar esta questão de pesquisa: não seria importante realizar um estudo sobre a susceptibilidade de inundações em Petit-Goâve, que permita compreender as causas e propor respostas que poderiam minimizar esses problemas?

## Objetivos

Discutir os elementos hidrogeomorfológicos que contribuem para a suscetibilidade a inundações na bacia hidrográfica do rio La Digue, em Petit-Goâve, Haiti. Acredita-se que a compreensão do fenômeno das inundações na cidade de Petit-Goâve através da abordagem hidrogeomorfológica pode fornecer soluções no que diz respeito à gestão do risco de inundações, a fim de ajudar a identificar as áreas propensas a inundações, e entender o risco de inundação que surge na cidade de Petit-Goâve, fazendo proposições de medidas a serem tomadas pelas autoridades.

## Métodos

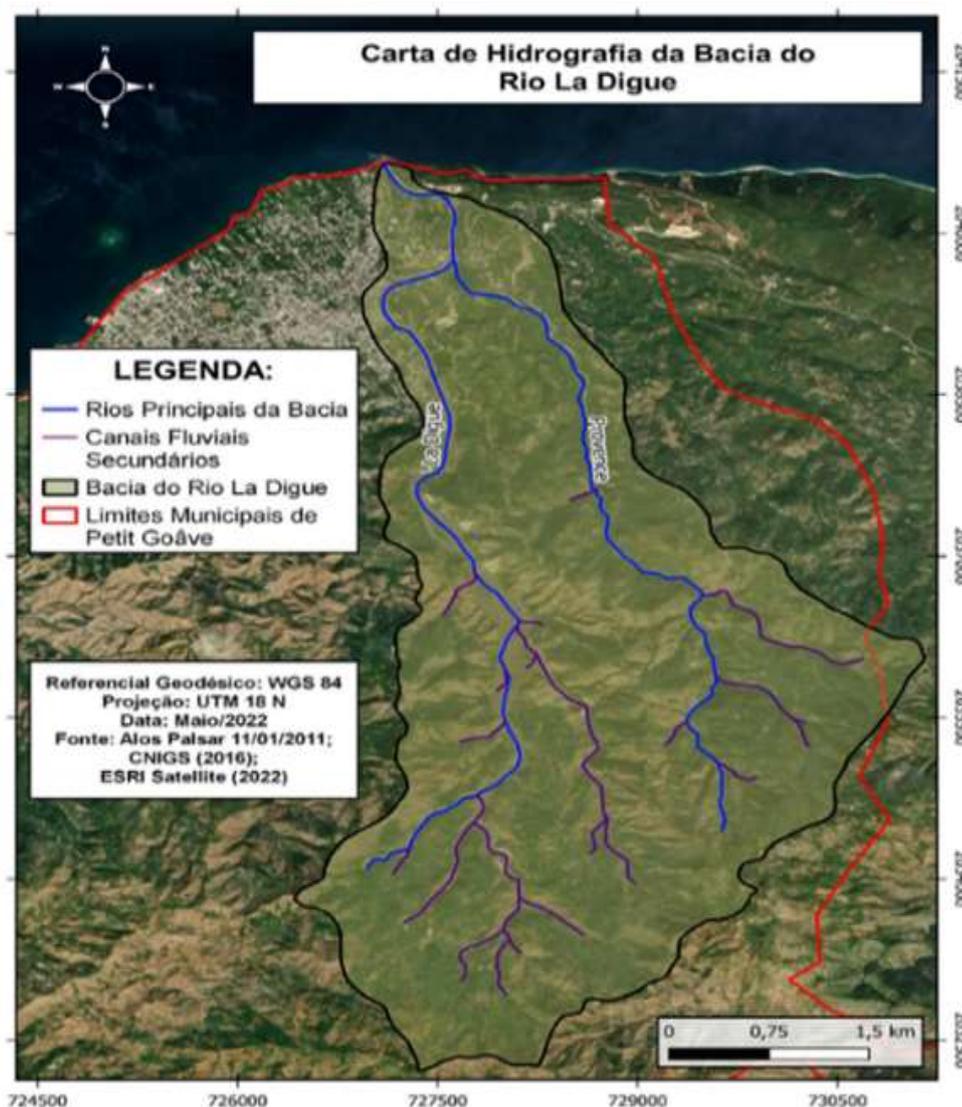
Utilizamos aqui a abordagem da hidrogeomorfologia, que implica uma análise do terreno e um conhecimento da dinâmica fluvial de longo prazo (LELIEVRE, et al., 2007, p.7). Primeiramente, começamos pela pesquisa bibliográfica e a apresentação de aspectos hidrológicos e geomorfológicos, a descrição dos diferentes rios secundários que a alimentam e deflagram os processos que desencadeiam as inundações nesta bacia e a análise da topografia, declividade, hipsometria e da morfologia da área de captação do rio La Digue

No que diz respeito às características geométricas desta bacia, a interpretação de parâmetros morfométricos permite discutir o acúmulo e dispersão de água no sistema fluvial. Foram selecionados a área da bacia hidrográfica, o perímetro, os aspectos relativos à amplitude altimétrica e um conjunto de índices que permite determinar a hierarquia da rede hidrográfica da bacia hidrográfica do rio La Digue, sua forma, sua capacidade de drenagem etc

Para elaborar os mapas, utilizou-se os softwares ArcGIS e QGIS 3.10, produção de informações relacionadas ao Modelo Terreno Digital (MDT).

## Resultados

A bacia hidrográfica de La Digue (Figura 1) está localizada no município de Petit-Goâve, mais precisamente na 11ª e 12ª seção comunal (Ht) perto de Pointe des RochesProvence e La Hatte. Também está perto do rio des Vignes. O rio la Digue tem a latitude que é 18,4439 e a longitude é 18° 26' 38,03" N e 72° 50' 58,63"W.

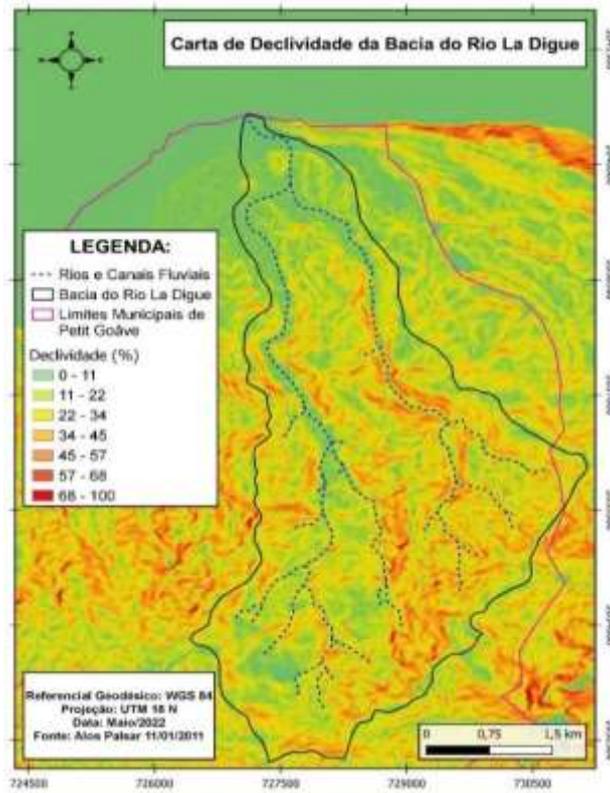
**Figura 1.** Bacia do rio La Digue, Haiti

Fonte: organizado pelos autores.

Com relação à declividade (Figura 2), a bacia do La Digue apresenta um relevo plano em sua parte a jusante, junto à foz no Oceano Atlântico. A inclinação aumenta à montante, com vertentes altas e curtas, até chegar no alto curso, onde a inclinação é bastante acentuada. Nas zonas em que a declividade é maior, os processos erosivos são intensos devido à velocidade de escoamento da água, provocando a erosão pela enxurrada. Por conseguinte, no baixo curso, a quantidade de aluvião presente é enorme, formando um típico canal entrelaçado.

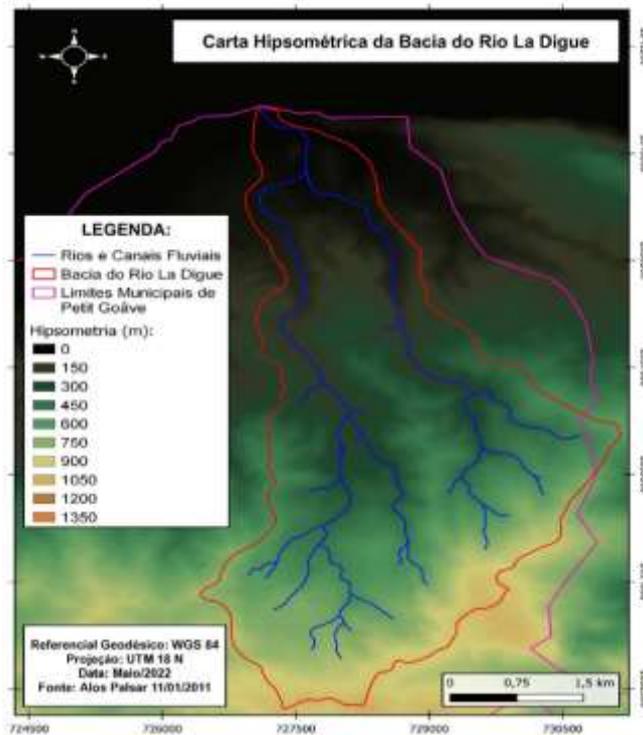
A declividade responde ao contexto geomorfológico regional, dominado por morfologias associadas à influência vulcânica (Figura 3). Assim, as altitudes nas cabeceiras da bacia superam 1300m, decaindo rapidamente para patamares inferiores a 400m. A escavação da drenagem é muito pronunciada, com vertentes retilíneas em retração e pronunciados sulcos erosivos que correspondem a inúmeros canais de zero ordem no alto curso. Os desníveis do médio para o baixo curso também são controlados pelos vales fluviais, que abrem extensas planícies no sopé dos terrenos montanhosos, associadas à combinação de processos fluviais e depósitos de vertentes. A carga detrítica dos rios é extremamente grande, configurando um padrão entrelaçado no baixo curso, com abertura de uma rede distribuária em direção à foz.

**Figura 2.** Declividade da bacia do rio La Digue



Fonte: organizado pelos autores.

**Figura 3.** Hipsometria da bacia do rio La Digue



Fonte: organizado pelos autores.

Na escala da bacia, os parâmetros morfométricos confirmam a grande energia do sistema fluvial. O rio La Digue tem em seu perfil um desnível de mais de 1000 metros de altitude em pouco mais de 8km de extensão, perfazendo uma declividade média de 0,129m/m. Os índices relacionados à distribuição da água corroboram essa assertiva, demonstrando que é uma bacia dispersora (Tabela 1)

**Tabela 1** Os parâmetros morfométricos

Amplitude altimétrica	1,086 m
Comprimento do canal principal	8,395 km
Soma do comprimento dos canais	28,406 km
Comprimento médio	Ordem 1ª=0,445 km Ordem 2ª=1,038 km Ordem 3ª =5,493 km ordem 4ª= 1,325 km
Perímetro da bacia	24,97 km
Área da bacia	33,822 km <sup>2</sup>
Largura da bacia	3,974 km
Comprimento da bacia	8,511 km
Fator forma (horton)	0,27
Coefficiente de compacidade	1,203
Coefficiente de circularidade	0,465
Densidade de drenagem	0,24

Fonte: LAGUERRE (2022)

Essa aparente contradição entre a alta energia do sistema fluvial e o histórico de inundações é esclarecida na escala intrabacia. As planícies do La Digue começam a ocorrer de modo mais contínuo a partir da cota de 200m, porém, com menos de 50% de sua extensão percorrida. Nessa zona, há uma importante ruptura de declive que altera a distribuição de energia no sistema e gera uma brusca diminuição da velocidade das águas.

Soma-se a isso o fato de que aproximadamente 10% da bacia encontra-se em altitude inferior à 50m, já na planície litorânea. Nesse compartimento, o La Digue recebe seu principal afluente (Provence) gerando uma zona de baixa energia e alta susceptibilidade de acumulação de água. Não por acaso, é justamente nesse setor (baixo curso) que a zona urbana se estabelece.

Em síntese, as inundações em Petit-Goâve são originadas pela elevada concentração de chuvas, sobretudo sob influência de ciclones. Porém, o alto curso da bacia do La Digue possui grande capacidade de drenagem dessa água, devido à elevada declividade do canal. Mas a água chega muito rapidamente ao baixo curso, que constitui-se em uma planície flúviomarinha que abarca um percentual considerável da bacia, justamente onde a maior parte da população reside. Isso implica em uma enorme susceptibilidade a inundações nesse setor de baixa energia.

## Conclusões

A partir da análise dos parâmetros físicos da bacia do rio La Digue, entendemos que estão reunidas todas as condições para que haja inundações. Por se tratar de uma zona montanhosa, a declividade é muito grande a montante, o que implica que o processo de erosão é muito ativo. Portanto, a quantidade de aluvião que se deposita a jusante desta bacia não é fruto do acaso, mas sim de todos os processos de erosão e degradação do solo a montante. Outro aspecto é que nas épocas de chuvas e furacões, é muito provável que ocorram enchentes por transbordo de água, pois existe um obstáculo que impede a circulação da água em direção às saídas.

Então, para compreender as inundações de Petit-Goâve, é preciso observar não apenas a quantidade de água do rio, mas também os depósitos de aluvião à jusante. Os próximos passos perfazem o uso da geomorfologia no auxílio da definição de pontos para intervenção a fim de diminuir os efeitos das inundações, com apoio da análise hidrológica, que é fundamental para dimensionar essas estruturas.

## Referências

- BABAR, M. Hidrogeomorfologia: **Aplicações e Técnicas Fundamentais**. Nova Delhi: NIPA, 274p, 2005. Acessado em 02 04, 2022.
- Caio Mário Leal Ferraz, RC (2020, 10). **Avaliação e mapeamento de riscos socioambientais: quem está vulnerável?** dos vales do vales (ufvjm)(ISSN: 2238-6424). Acessado em 02 01, 2022.
- Charlton, R. (2007). **Fundamentos de geomorfologia fluvial**. Nova York: 2008 Rosemary Charlton. Acessado em 09 11, 2021.
- FELIPPE, MF (2013). **Gênese e dinâmica das molas: contribuições da pesquisa hidrogeomorfológica na região tropical**. tese. Belo Horizonte. Acessado em 02 02, 2022
- G. Galéa e C. Prudhomme (1997) **Noções e conceitos básicos úteis para a compreensão da modelagem sintética de regimes de inundação em bacias hidrográficas dentro do significado dos modelos** QdF p.83-101. Acessado em 03 07, 2022
- GOERL, Roberto Fabris et al. **Hidrogeomorfologia: princípios, conceitos, processos e aplicações**. Revista Brasileira de Geomorfologia, Porto Alegre, c. 2, não. 13, p.103-111, maio de 2012. Acessado em 04 05, 2022.
- Ítalo Ferreira Girão, DR (2018). **Análise dos conceitos: Riscos Socioambientais, Vulnerabilidade teórica e Suscetibilidade**. REINO, 4, pág. 72. Acessado em 02 01, 2022.
- LABORDE, J. (2009). **Elementos de hidrologia de superfície**. Nancy. Consultado em 09 13, 2021, em [https://www.pseau.org/outils/ouvrages/universite\\_de\\_nice\\_elements\\_d\\_hydrologie\\_de\\_surface\\_laborde\\_2009.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/universite_de_nice_elements_d_hydrologie_de_surface_laborde_2009.pdf).
- Marie-Andrée Lelièvre, T. B.-B. (2007). **L'approche hydrogéomorphologique pour la cartographie des zones à risque d'inondation dans les vallées de petites et moyennes tailles : un exemple commenté pour la vallée de la rivière-au-renard**. Georisk, GeoHazards. Consultado em 05 06, 2022
- PINHEIRO, A. **Enchente e inundação**. In: SANTOS, RF (Org.). **Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. 192p. Acessado em 03 04, 2022.
- SCHNEIDER, AE, 1973. **Hidrogeomorfologia**. *J. Hydrology.*, 20: 193-215. Acessado em 04 03, 2022.
- Souza, C. R. (2005). **Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras**. Revista Brasileira de Geomorfologia. Acesso em 08 de 05 de 2022.
- Walter Collishonn, F. D. (2013). **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto alegre: coleção ABRH. Acesso em 09 de 08 de 2022.

---

### Contribuição dos autores

Conceitualização: LAGUERRE, J.; FELIPPE, M.F. Curadoria de dados: Não aplicável. Análise formal: LAGUERRE, J.; FELIPPE, M.F. Aquisição de financiamento: Não aplicável. Investigação: LAGUERRE, J.; FELIPPE, M.F. Metodologia: LAGUERRE, J.; FELIPPE, M.F. Administração do projeto: Não aplicável. Recursos: Não aplicável. Software: Não aplicável. Supervisão: Não aplicável. Validação: Não aplicável. Visualização: Não aplicável. Escrita – rascunho original: LAGUERRE, J.; FELIPPE, M.F. Escrita – revisão & edição: LAGUERRE, J.; FELIPPE, M.F.

### Base de dados

Não se aplica.

### Financiamento

Este trabalho não recebeu nenhum subsídio específico de agências de fomento nos setores público, comercial ou sem fins lucrativos.

---

---

**Conflito de interesse**

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

**Aprovação do conselho de ética**

Não se aplica.

**Agradecimentos**

Não se aplica.

---