



FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DE ITABUNA-BA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**DESEMPENHO DO MODELO HAND NO MAPEAMENTO DE ÁREAS
SUSCETÍVEIS A INUNDAÇÕES: Uma inferência sobre a sua aplicação na Bacia
Hidrográfica do Leste-BA**

Felipe Teles da Silva¹

João Felipe de Oliveira Vieira²

Paulo Victor Gomes da Silva³

Anderson Alves Santos¹

Resumo

Um dos processos naturais mais recorrente nos dias atuais são as inundações, tornando o risco ambiental eminente para a população que vive de forma desordenada às margens do rio. Desta forma, uma das soluções para amenizar essa adversidade foi buscar e especificar o modelo HAND e sua utilidade no mapeamento de áreas vulneráveis a enchentes na Bacia hidrográfica leste da Bahia. O objetivo desta revisão através de referências bibliográficas foi avaliar o desempenho do modelo HAND no mapeamento de áreas suscetíveis a inundação na cidade de Itabuna-BA, tendo em vista o último episódio de inundação, posto isto, demonstrar de que forma o mapeamento pode prevenir e controlar as inundações, evitando danos sociais, econômicos e ambientais, essas inundações ocorrem quando a capacidade de escoamento fluvial no canal principal é superada, induzindo o fluxo ao canal secundário. Medidas estruturais e não estruturais têm sido adotadas para minimização dos danos, as primeiras envolvem ações que atuam no escoamento da onda de cheia enquanto as segundas abrangem ações preventivas e de convivência com este tipo de evento hidrológico extremo. A imagem HAND foi zoneada em 05 (cinco) classes: Susceptibilidade Muito Alta; Susceptibilidade Alta; Susceptibilidade Média; Susceptibilidade Baixa; Susceptibilidade Muito Baixa. Conclui-se que o modelo HAND demonstrou eficácia no mapeamento de áreas com eventuais riscos de enchentes e inundações.

Palavras-chave: Inundações; Modelo HAND; Bacia Hidrográfica leste-BA.

Abstract

One of the most recurrent natural processes nowadays are floods, making the environmental risk imminent for the population that lives in a disorderly way on the banks of the river. Thus, one of the solutions to mitigate this adversity was to seek and specify the HAND model and its usefulness in mapping areas vulnerable to flooding in the eastern Bahia watershed. The objective of this review through bibliographical references was to evaluate the performance of the HAND model in mapping areas susceptible to flooding in the city of Itabuna-BA, in view of the last flooding episode, therefore, to demonstrate how mapping can prevent and control floods, avoiding social, economic and environmental damage, these floods occur when the river flow capacity in the main channel is exceeded, inducing the flow to the secondary channel. Structural and non-structural measures have been adopted to minimize damage, the first involving actions that act in the flow of the flood wave while the second encompass preventive actions and coexistence with this type of extreme hydrological event. The HAND image was zoned into 05 (five) classes: Very High Susceptibility; High Susceptibility; Medium Susceptibility; Low Susceptibility; Very Low Susceptibility. It is concluded that the HAND model was effective in mapping areas with possible risks of flooding.

Keywords: Floods; HAND model; East-BA Hydrographic Basin.

1. INTRODUÇÃO

As Inundações são um dos processos naturais mais recorrentes nos dias atuais. Ao longo da história humana este processo contribuiu para o nascimento e desenvolvimento de diversas civilizações, como as que se instalaram ao longo dos rios Nilo, Eufrates, Tigre e Indo, utilizando-os como fonte de água e alimentos, transporte e rotas para comércio (MACKLIN & LEWIN, 2015). Sendo assim, esse processo tem peso positivo e negativo para sociedade. Quando tem-se influência negativa desencadeada por desmatamentos desenfreados, poluições, entre outros fatores gera um desastre hidrológico.

Entre 1900 e 2016, as inundações afetaram 3,6 bilhões de pessoas, ocasionando a morte de aproximadamente 7 milhões (EM-DAT, 2017). Esses números são justificados pelo fato de civilizações terem se instalado e se desenvolvido próximas aos rios, comumente em sua planície de inundação, causando transtornos e conflitos de interesse entre o homem e a natureza. (MACKLIN & LEWIN, 2015; ZANANDREA et al., 2017). No Brasil, os desastres se destacam principalmente devido aos eventos de precipitação intensa agravados pela alta vulnerabilidade que se encontra a população em constante exposição aos riscos de inundação. (MILANESI et al., 2017).

A ocupação desordenada às margens do rio configura, em períodos de enchentes, um cenário de calamidade pública marcado por ocorrência de desabrigados, desabamento de moradias, acúmulo de lixo e entulhos, além do aumento de casos de doenças de veiculação hídrica. Tal quadro é cíclico, pois, após o evento de enchente, tendo o nível de água voltado ao seu curso normal, a população das áreas afetadas retorna ao espaço anteriormente ocupado ficando a mercê do próximo evento.

Nesse contexto, o risco ambiental é eminente, mas parece não se configurar como empecilho à permanência da população no local, sendo evidente a necessidade do planejamento institucional do espaço de risco. Para isso se faz necessário o reconhecimento da área, avaliando-se os impactos ambientais e sociais dessas inundações. Outro aspecto de suma importância nesse processo é a regulamentação das áreas de inundação, definindo através de visualização gráfica as zonas de risco, sendo o processo de mapeamento um instrumento essencial no controle e prevenção (BORGES., 2009).

No entanto, embora esse tema seja muito relevante em nosso cenário atual conforme apresentado no estudo (MACKLIN & LEWIN, 2015), até o momento foram encontrados poucos trabalhos que discutam esse assunto sob o ponto de vista teórico e contextual.

Desta forma, uma das soluções para amenizar essa adversidade será buscar e especificar o modelo HAND e sua utilidade no mapeamento de áreas vulneráveis a enchentes no geral e mais específico na Bacia hidrográfica leste da Bahia e bacia do rio cachoeira através de referências bibliográficas de alguns autores.

Tendo em vista o episódio recente de inundação que ocorreu na cidade de Itabuna/BA, que causou prejuízos imensuráveis para diversas pessoas, abordaremos o modelo HAND como uma solução eficaz que poderia ter minimizado o fato ocorrido e que ainda pode minimizar futuros danos, tanto na cidade de Itabuna, como de modo geral em várias outras cidades que passam pela bacia leste da Bahia.

O Objetivo geral será, através de referências bibliográficas avaliar o desempenho do modelo HAND no mapeamento de áreas suscetíveis a inundação na bacia leste-BA e mais precisamente na cidade de Itabuna-BA. Além disso alguns dos objetivos complementares será: demonstrar de que forma o mapeamento pode prevenir e controlar as inundações, descrever como o modelo HAND poderia minimizar os impactos causados na cidade de Itabuna-BA e em alguns pontos específicos na bacia leste-BA, no qual a mesma abrange.

Dessa maneira, se fosse realizada uma revisão da literatura sobre o tema Desempenho do

modelo HAND no mapeamento de áreas suscetíveis a inundações da Bacia hidrográfica Leste-BA, isso contribuiria com a ampliação dos conhecimentos dos leitores sobre essa temática específica, pois as revisões tem a função de preencher as lacunas existentes na literatura através da combinação de diferentes pesquisas bibliográficas (CORDEIRO, 2007).

2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 Bacia Hidrográfica Leste Bahia

No litoral sul da Bahia, a região denominada Bacias Hidrográficas do Leste (BHL) , apesar de representar um pequeno território, pouco mais de 9.000 km², abriga uma multiplicidade de ambientes naturais e antrópicos. No contexto geológico, a região está inserida no Cráton do São Francisco, entidade tectônica estabilizada desde o Proterozóico Superior. O substrato geológico é formado por granulitos de idade Arquena, intrusões de rochas alcalinas, rochas sedimentares da bacia sedimentar Camamú-Almada e os sedimentos inconsolidados do Grupo Barreiras. Cada um destes litotipos apresenta assembléias mineralógicas específicas, que irão definir a disponibilidade de diferentes elementos químicos a serem liberados, a partir dos processos de intemperismo e erosão.(Rev. Virtual Quim., 2012,4 (4), 365-373)

Na região estão localizadas, uma Reserva Biológica Federal (REBIO de Una), um Parque Nacional (PARNA da Serra das Lontras) e um Parque Estadual (PE da Serra do Condurú), atestando o excelente estado dos remanescentes do Domínio Mata Atlântica na área, pois estas são as categorias de Unidades de Conservação mais restritivas quanto ao grau de preservação dos ecossistemas presentes.(Rev. Virtual Quim., 2012,4 (4), 365-373)

A maior bacia hidrográfica das BHL é a bacia do rio Cachoeira (4.500 km²), formado pela união dos rios Colônia e Salgado. Estes têm suas nascentes nos contrafortes da Depressão Itabuna-Itapetinga, atravessam o trecho subúmido e se encontram já no início do trecho mais úmido da região, quando passa a ser denominado de rio Cachoeira. (Rev. Virtual Quim., 2012,4 (4), 365-373)

2.2 Inundações

O crescimento populacional dos últimos anos tem aumentado, em escala global, o número

de pessoas expostas aos fenômenos naturais extremos, como as inundações. Há uma forte relação entre o crescimento populacional e o aumento do número de desastres naturais (GOERL & KOBIYAMA, 2013).

Segundo Pinheiro (2007), danos sociais, econômicos e ambientais são provocados pelas inundações em áreas urbanas, e essas inundações ocorrem quando a capacidade de escoamento fluvial no canal principal é superada, induzindo o fluxo ao canal secundário.

Medidas estruturais e não estruturais têm sido adotadas para minimização dos danos gerados por inundação. As primeiras envolvem ações que atuam no escoamento da onda de cheia enquanto as segundas abrangem ações preventivas e de convivência com este tipo de evento hidrológico extremo. O mapeamento das áreas suscetíveis à inundação constitui elemento fundamental para definição de medidas não estruturais, como planejamento do uso e ocupação do solo e, os planos de defesa civil. (FRANK B, 2003).

O mapeamento de áreas suscetíveis à inundações pode amenizar ou até mesmo evitar os danos causados pelas inundações. Avanços no conhecimento de informática, sensoriamento remoto, sistemas de informação geográfica (SIG) e modelagem têm sido particularmente úteis na gestão de inundações (Schumann *et al.*, 2009; Opolot, 2013). Por meio de técnicas de modelagem e análise espacial em SIG juntamente com dados oriundos de sensoriamento remoto as áreas de risco podem ser identificadas, mapeadas e analisadas (Opolot, 2013).

Os Modelos Digitais de Elevação (MDE) permitem descrever, compreender e prever o armazenamento e os movimentos da água na superfície terrestre (Moore *et al.*, 1992). Tais modelos, quando inseridos em modelos hidrológicos permitem estimar a previsão do fluxo e da direção de escoamento da água e podem ser empregados como parâmetros para as políticas públicas para estabelecer planos de utilização para áreas com alta susceptibilidade a inundações.

2.3 Modelo Hand

O modelo HAND (*Height Above the Nearest Drainage* ou *Altura Acima da Drenagem Mais Próxima*) desenvolvido por Rennó *et al.* (2008) é um dos modelos hidrológicos empregados na simulação de áreas mais suscetíveis à inundação. Esse modelo utiliza a diferença entre a altitude extraída do MDE e a rede de drenagem de referência para calcular alturas relativas, que possuem relação com a profundidade do lençol freático e com a topografia do terreno (Rennó *et al.*, 2008; Nobre *et al.*, 2011).

Para classificar as áreas suscetíveis à inundação e indicar a altura de uma determinada localização geográfica, em vez do nível do mar, o algoritmo HAND define como referência a altura relativa da rede de drenagem mais próxima.

O modelo HAND tem como entrada o MDT (Modelo Digital do Terreno). O processo é desenvolvido em três etapas, as duas primeiras utilizando método bem estabelecido e a terceira etapa com o novo método desenvolvido para o HAND.

Como qualquer outra característica hidrogeomorfológica obtida pela topografia, os resultados do HAND estão condicionados pela qualidade e resolução do MDT. Visto que este é uma das principais variáveis de entrada do modelo. Estabelecendo um limiar mínimo para iniciar um canal. O primeiro passo para que o resultado do HAND tenha uma aplicação prática é a sua reclassificação.

3. METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDOS

O estudo será feito na área da bacia hidrográfica leste-BA no qual tem área de 9.507 km²; (1,68 % do Estado) abrangendo 682.652 habitantes e 24 cidades sendo eles Una, Santa Cruz da Vitória, Barro Preto, Buerarema, Jussari, São José da Vitória, Arataca, Itapé, Ibicaraí, Itajuípe, Itabuna, Floresta Azul, Itaju do Colônia e Firmino Alves, Almadina, Uruçuca, Ilhéus, Itororó e Santa Luzia, Coaraci, Caatiba, Itambé, Itapetinga e Canavieiras.

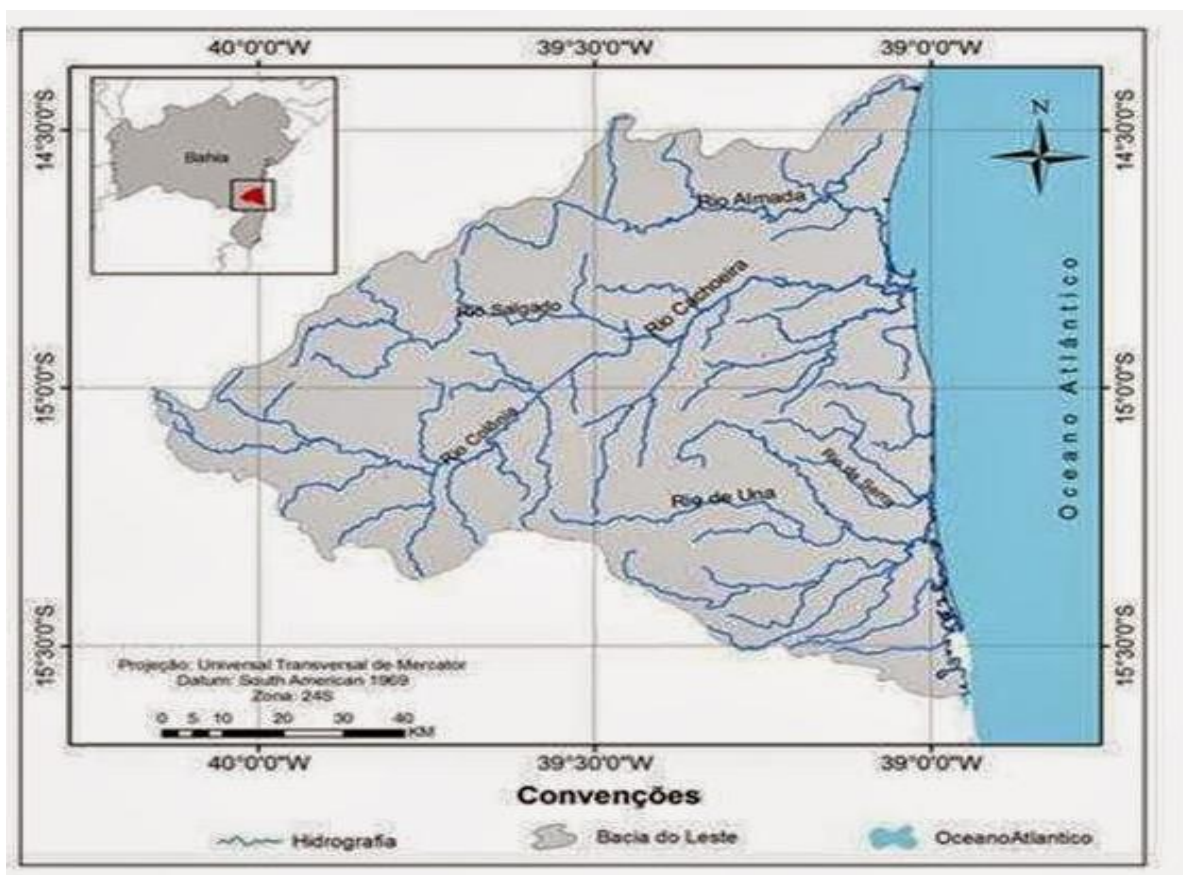
Bacias – Destacam-se as bacias hidrográficas dos Rios Almada, Cachoeira, Una e Doce.

Clima – Subúmido a seco (oeste), úmido a subúmido (centro) e úmido (leste) e a Cobertura

Vegetal – Formações florestais presentes: Mata Atlântica, Floresta Estacional Decidual e Semidescidual.

Os principais Rios são os Cachoeira, Almada, Colônia, Santana, Una e Rio Doce.

Figura 01: Bacia hidrográfica do Leste da Bahia



Fonte: GeoBahia, 2013

3.2 Materias e Métodos

Este estudo trata-se de uma revisão da literatura. As revisões são publicações amplas com a função de discutir o desenvolvimento de um assunto sob pontos de vista diferentes. Esse tipo de estudo constitui basicamente da análise da literatura publicada em artigos científicos, livros, revistas impressas ou eletrônicas na interpretação e análise crítica do autor, com o objetivo de permitir ao leitor uma atualização do seu conhecimento sobre um determinado tema (CORDEIRO et al., 2007; VOSGERAU e ROMANOWSKI, 2014).

Para essa revisão, foi realizada uma busca por artigos, livros, dissertações e teses nas bases de dados Google Acadêmico, Scielo e Periódicos Capes. Além da busca nas bases de dados, também foram realizadas pesquisas em sites, jornais e revista. As buscas ocorreram no mês de outubro e as palavras-chave utilizadas na busca foram: Inundações, Modelo hand, bacia hidrografica leste-BA.

Como critério de inclusão dos materiais literários neste estudo, definiu-se o período de publicação de 10 anos pela possibilidade de poder ser encontrado um maior número de artigos científicos sobre o tema. Além disso, incluíram-se apenas artigos disponibilizados em português e inglês, dissertações, teses, livros, matérias de revistas eletrônicas e sites. Como critérios de exclusão, foram rejeitados os materiais literários que não tinham relação direta com o tema proposto pelo trabalho.

3.3 Procedimento analítico

Modelo hand

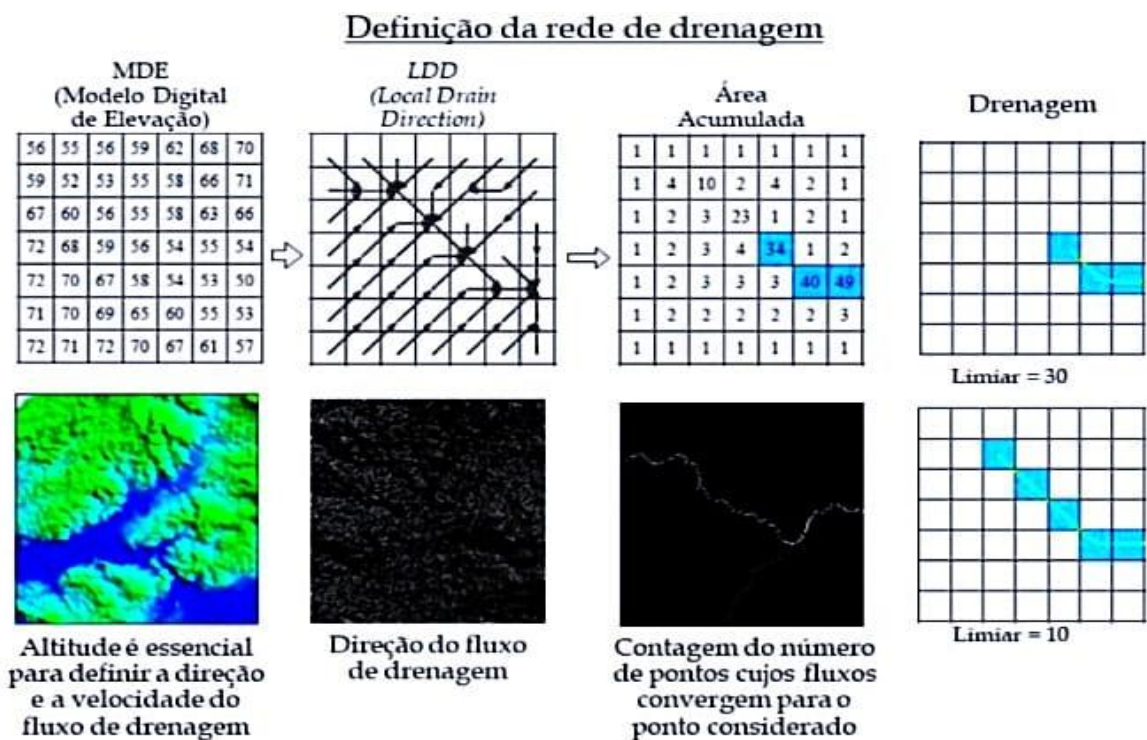
O HAND é um algoritmo utilizado para estimar a inundação de determinado local utilizando o MDE (Modelo Digital de Elevação) como dado de entrada. Além do modelo digital de elevação, é necessário definir um limiar de drenagem coerente com a área de estudo. Conceitualmente, o HAND irá zerar a altitude do canal de drenagem, não tomando mais o nível do mar como referência, passando a ser a rede de drenagem principal a referência topográfica relativa plana. Logo, o modelo terá como saída alturas normalizadas que serão divididas em classes, e que irão ser definidas com base em dados de campo ou conhecimento do terreno local gerando, assim, mapas de inundação do terreno. (RENNÓ et al., 2008; NOBRE et al., 2011).

Em síntese, o HAND é um equivalente normalizado pela rede de drenagem de um MDT (Modelo Digital de Terreno) (MOMO et al., 2016) e, quanto mais próximo um local estiver de um canal e menor for a diferença altimétrica entre eles, mais propenso este local está a inundar (GOERL et al., 2017b).

O algoritmo HAND parte do princípio de que a água faz o trajeto mais curto em relação aos terrenos mais baixos, computando as diferenças de desníveis entre o relevo e o talvegue das redes de drenagens superficiais (NOBRE et al., 2011a). Para se processar a modelagem HAND o INPE desenvolveu o plugin denominado TerraHidro, contendo a ferramenta “Hydrological Tools”. Este plugin foi integrado no software livre Terra View desenvolvido pelo próprio INPE. O plugin TerraHidro, atualmente na versão 4.5, permite que sejam gerados dados hidrológicos como rede de drenagem, bacias hidrográficas e o próprio HAND, todos a partir de um modelo digital de elevação (MDE), exclusivamente. No software TerraHidro, na primeira etapa, foram realizadas correções de incoerências altimétricas no MDT adicionado.

Na segunda etapa, o algoritmo HAND identifica as direções dos fluxos de drenagem, ou seja, a direção por onde a água possivelmente irá escoar no MDT. Na terceira etapa, é calculada a área de acumulação de água. Na quarta etapa, foi extraída a rede de drenagem a partir de um limiar de 25000 estabelecidos pelos autores. O limiar define o nível de detalhamento da rede de drenagem, ou seja, o acúmulo acima desse limiar é considerado drenagem (Figura 2).

Figura 02: Exemplo de definição da rede de drenagem



Fonte: Renno et. al., 2008

Sobre a imagem HAND efetuou-se uma reclassificação visando revelar diferentes zonas que representam níveis potenciais de risco à inundação (NOBRE et al., 2016; LIU et al., 2016; ZHENG et al., 2017). Para isso, utilizou-se o software QGIS, com a ferramenta “Renderização da Banda”.

A imagem HAND foi zoneada em 05 (cinco) classes, que representam áreas potenciais de risco à inundação, sendo elas: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta susceptibilidade à inundação, sendo estas:

- Susceptibilidade Muito Alta – 0 m;
- Susceptibilidade Alta – 0,25 m;
- Susceptibilidade Média – 0,50m;
- Susceptibilidade Baixa – 0,75m;
- Susceptibilidade Muito Baixa – 1 m.

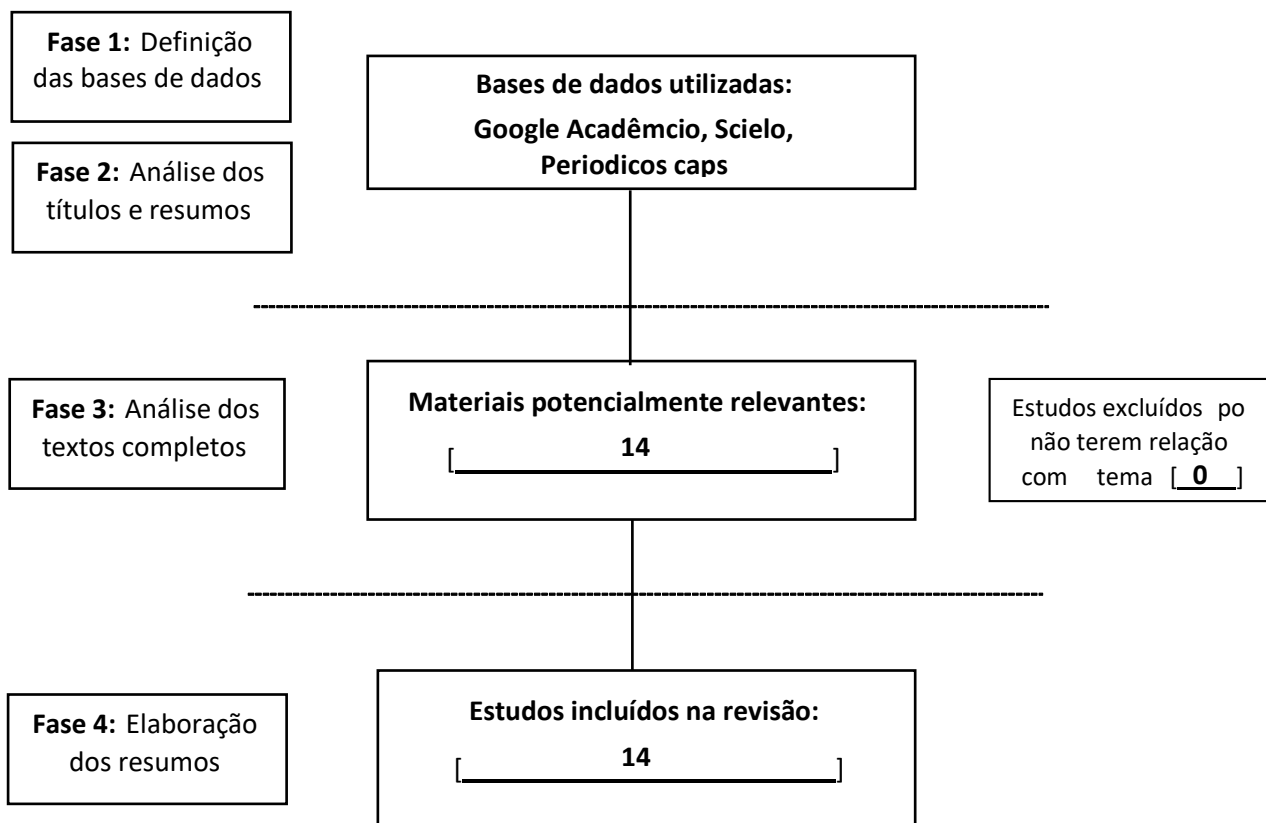
Para validar a modelagem hidrológica do terreno sujeito à inundação foi realizado um cruzamento de duas informações elementares, sendo elas: eventos históricos de inundação referentes às notícias vinculadas à mídia (jornais e rede social), e a quantidade de chuva (mm) ocorridas nas datas em que as reportagens foram publicadas (BROUWER et. al., 2016)

4. Resultados

A partir das palavras-chave utilizadas e dos critérios de inclusão e exclusão realizados, pela leitura dos títulos e resumos, foram encontrados 10 artigos científicos, 02 matérias de sites, 01 revista virtual e 01 monografia.

Em seguida, após uma segunda leitura dos materiais selecionados, não houve exclusões pois todos foram de grande importância para o segmento do nosso estudo, tendo relação direta com o tema proposto pelo trabalho, como mostra na figura 3.

Figura 3: Esquema representativo do processo de seleção dos estudos



Com base nos dados pesquisados, tem-se que 71,41% dos materiais utilizados neste estudo foram artigos científicos, 14,28% foram matérias de sites, 7,14% foram de revista virtual e 7,14% foram monografia. Dos artigos encontrados foram destruídos entre Google Acadêmico, Scielo, Periodicos caps.

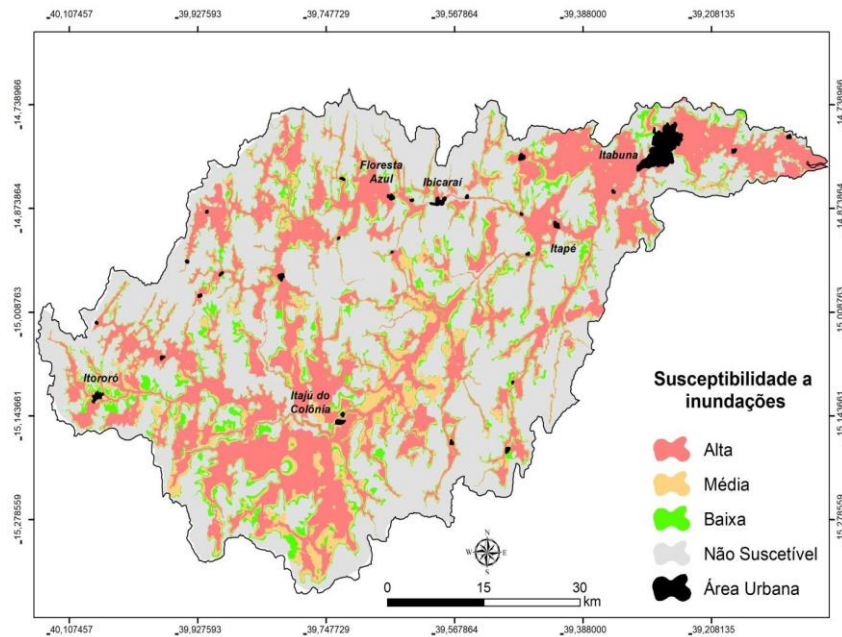
4.1 Níveis de Susceptibilidade da BHRC (BH leste-BA)

A BHRC localiza-se no sul do estado da Bahia, Nordeste do Brasil. Tem centróide nas coordenadas 15°2'S e 39°30' W e drena uma área de 4.222 km². Seus principais rios são Colônia, Salgado e Cachoeira. Essa bacia fornece água para o abastecimento público de cerca de 500.000 habitantes distribuídos nas cidades de Itororó, Itajú do Colônia, Ibicaraí, Floresta Azul, Itapé, Ilhéus e Itabuna, tendo a última a maior população, estimada em 220.300 habitantes (IBGE, 2015). Segundo Silva et al. (2018), prevalece na área os tipos climáticos Af e Aw, classificados como Tropical Úmido de Floresta e Subúmido, respectivamente, e ambos sem estação seca definida. Segundo Thornthwaite (1948), Alvares, Stape e Sentelhas (2013) e Silva et al. (2016), esse clima caracteriza-se também pelas métricas de temperatura média de 24°C, e precipitação anual acima de 2.000 mm. Ainda segundo o autor, os valores de chuva indicam que essa região é um domínio com níveis pluviométricos similares ao clima Amazônico.

A aplicação do HAND é dada em dois momentos, sendo o primeiro a elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE), e, por fim, a classificação dos limites com suscetibilidade a inundações. Foi utilizada a cartas topográfica da Bahia de escala 1:100:00, especificamente as folhas Camacan (SD-24-Y-D-III), Itabuna (SD-24-Y-B-VI) (SUDENE, 1977b), Ibicaraí (SD-24-Y-B-V) (SUDENE, 1977c), Itapetinga (SD-24-Y-D-I) (SUDENE, 1977d), Itaju do Colônia (SD-24-Y-D-II), que compreende os limites da BHRC. Dessas cartas, selecionaram-se os vetores “pontos cotados”, “curvas de nível” e “rede de drenagem”. Gerou-se um MDE através da ferramenta *Topo To Raster* no Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS 10.5.1. (Silva; Amorim, 2019)

Os resultados estimados pelo modelo demonstram que aproximadamente 30% da BHRC se enquadram na classe definida como “alta susceptibilidade”. Em números geográficos, isso significa que 123.251,52 hectares pertencem ao contexto de elevados riscos de enchentes, e posteriores inundações. Observando a Figura 4, é possível compreender que o comportamento dessas ocorrências é um padrão que relaciona a presença de rios a partir da 2ª ordem hierárquica com fundos de vale. Isso ocorre em todos os cursos da BHRC. Dessa forma, tanto áreas de vale encaixado no alto e médio curso da bacia, quanto às planícies mais próximas ao exutório, detém de áreas com elevada susceptibilidade apontadas pelo HAND. (Silva; Amorim, 2019)

Figura 04: Susceptibilidade a inundações BHRC (BH leste-BA).



Fonte: Silva; Amorim, 2019

As classes de “média” e “Baixa” susceptibilidade compõem cerca de 20% do total das classes mapeadas (Tabela 1): áreas com susceptibilidade mediana se localizam nos perímetros das áreas com elevados riscos de enchentes, e de baixo risco são zonas a montante das citadas.

Basicamente, as classes de “média” susceptibilidade são contornos topográficos que dividem as áreas de alto e baixo risco, tendo seus nuances diretamente ligados às formas de relevo. Isso significa geograficamente, segundo o modelo, que essas áreas serão inundadas em eventos extremos de precipitação, bem como as zonas de baixa susceptibilidade.

Segundo Silva et al., (2016) e Silva et al., (2018b), chuvas intensas na região são aquelas que apresentam valores acima de 300 mm em um período de dez (10) dias. Observando os dados topográficos inseridos no processamento do HAND, nota-se que as encostas de morros até 20° são sinônimos dessas áreas. A grande exceção são as áreas da BHRC identificadas como brejos, que são partes rebaixadas da paisagem não conectadas com a rede hidrográfica, ou seja, são sistemas lênticos. Isso significa novamente que a susceptibilidade estará ligada a períodos de precipitações intensas. (Silva; Amorim, 2019)

Tabela I – Métricas das classes de susceptibilidade

CLASSE	ÁREA(ha)	Percentual(%)
Alta	123.251,52	29,07
Média	48.424,46	11,42
Baixa	30.753,73	7,25
Não suseptível	221.571,41	52,26

Fonte: Silva; Amorim, 2019

A classe “não susceptível” predomina em toda a BHRC (dimensão dobrada em relação à soma das classes de risco). Isso é traduz um contexto geomorfológico composto majoritariamente por morros e serras, conforme as publicações de Mattos et al. (2018) e Silva et al. (2018b). Considerando somente as áreas identificadas como susceptíveis, a classe “alta” representa 61% por cento do total, enquanto as classes “média” e “baixa” 24% e 15% respectivamente. Segundo Amorim et al., (2017) esse volume acima de 50% de áreas com elevada susceptibilidade a inundações são números que indicam uma considerável vulnerabilidade a inundações em uma bacia hidrográfica. (Silva; Amorim, 2019).

5. Discussão

O estudo apresentado realizou uma pesquisa sobre o tema Desempenho do modelo HAND no mapeamento de áreas suscetíveis a inundações da Bacia hidrográfica Leste-BA, satisfazendo o objetivo proposto que era avaliar o desempenho do modelo HAND no mapeamento de áreas suscetíveis a inundação na cidade de Itabuna-BA.

O que os resultados do HAND possibilitam para a BHRC é uma constatação sistematizada dos eventos de enchentes que observamos ao longo de décadas na região, que afetam cerca de 500.000 pessoas em períodos de chuvas intensas. Por se tratar de uma região que predomina um clima tropical úmido (SILVA et al. 2018b), é comum uma retratação de perdas (humanos e materias) nas cidades de Itabuna, Itapé, Ibicaraí e Floresta Azul em função do repentino aumento nos níveis de vazão dos rios que perpassam essas cidades. Dessa forma, as populações ribeirinhas sempre são condicionadas a situações de riscos iminentes. (Silva; Amorim, 2019).

Os principais resultados obtidos nesse estudo foi que, com a utilização do modelo HAND para o mapeamento das áreas da Bacia hidrográfica do Leste da Bahia, haverá uma ampliação dos conhecimentos a respeito das possibilidades de inundações, o que possibilitaria uma melhora na gestão de tais áreas e no cuidado para com a população das cidades por onde a bacia se faz presente.

Os dados apresentados pela pesquisa do EM-DAT (2017) vão de encontro aos achados do

presente estudo, uma vez que ambos os estudos apresentam que há a necessidade da implantação de uma melhor gestão das áreas suscetíveis a inundações, pois tais ocorridos afetam diretamente a vida das pessoas.

Também são perceptíveis alguns problemas ambientais oriundos da falta de infraestruturas que agravam o efeito das inundações: o destaque, em todas as cidades, é a ausência de um completo saneamento básico, o que leva ao lançamento dos efluentes domésticos diretamente nos principais rios da BHRC. Como observado nas cidades de Floresta Azul e Ibicaraí, é um padrão em bairros ribeirinhos o lançamento de águas servidas (esgoto doméstico e rede pluvial) no rio Salgado.

Como consequência, a presença de esgoto não tratado e do lixo no ambiente hidrográfico podem ocasionar doenças a população durante os episódios de cheias.(Silva; Amorim, 2019). Desta forma, a contribuição desse trabalho para a literatura é através dessa pesquisa foi possível realizar uma abordagem sobre o tema tão importante para nossa sociedade presente e futura.

5.1 Análise

No presente estudo, depois de várias análises de artigos, livros sites e algumas outras fontes concluímos que o software HAND (Height Above the Nearest Drainage ou Altura Acima da Drenagem Mais Próxima) é eficaz para aquilo que foi desenvolvido pois através dos dados como MDE (Modelo Digital de Elevação) e o MDT(Modelo Digital do Terreno) tirado de outros software como o QGIS e ArcsGIS se tem a análise da bacia ou Rio estudado computando assim o curso de drenagem da água escoado e os possíveis pontos propícios de inundações. Além disso alguns autores realizaram a classificação através do modelo hand do nível de suscetibilidade de inundações, sendo assim quanto mais próximo em altura do curso de água estudado, mais suscetível será a inundações, pois a água sempre procura o cursor mais curto para poder escoar. Tornando assim o software ainda mais completo em sua atividade em questão.

Sendo assim, com os problemas frequentes de inundações que assolam o mundo e que vem acontecendo com bastante regularidade atualmente, o software HAND é um solução viável para que sejam mapeadas as áreas de risco, e que sejam criado planos junto a defesa civil para combater ou minimizar os danos causados pelas inundações. Em evidencia ao que artigo se refere a bacia hidrográfica leste Bahia, mais precisamente na bacia do rio cachoeira no qual tem certos pontos críticos que já foram mapeados pelo HAND através do estudo de (SILVA: AMORIM, 2019) acentuando assim eventuais riscos de inundações para que os governantes locais busquem realizar obras de prevenção a novos desastres, principalmente na

região de Itabuna-BA no qual já é um problema oriundo de décadas passadas

6. Considerações Finais

O modelo HAND demonstrou eficácia no mapeamento de áreas com eventuais riscos de enchentes e inundações. Aplicabilidade do modelo, dessa forma, é reconhecida como suficiente para mapeamento de áreas de risco a inundações em qualquer bacia hidrográfica que detenha de informações geográficas. (Silva; Amorim, 2019).

Esse trabalho realizou uma pesquisa sobre o desempenho do modelo HAND no mapeamento de áreas suscetíveis a inundações da Bacia hidrográfica Leste-BA. O principal resultado alcançado pelo estudo foi a ciência de que com a utilização do modelo HAND, será possível conquistar mais conhecimento sobre as possíveis inundações nas regiões banhadas pela bacia hidrográfica do Leste baiano. Dessa maneira, pode-se concluir que, após a utilização do modelo HAND, será possível conhecer mais sobre as inundações e como amenizar os estragos causados por elas.

7.Referências Bibliográficas

ALVES, Maria Luisa Palitot Remigio. Aplicação do modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND) para análise de inundação na bacia hidrográfica do rio Cuiá, João Pessoa, Paraíba, Brasil. 2019.

DANTAS, Camila Galindo; CANIL, Katia. Identificação e mapeamento de áreas suscetíveis a inundação na bacia do Aricanduva–SP utilizando o algoritmo descritor de terreno HAND. Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento, v. 1, p. 4045-4055, 2017.

GOERL, Roberto Fabris; MICHEL, Gean Paulo; KOBIYAMA, Masato. Mapeamento de áreas susceptíveis a inundação com o modelo HAND e análise do seu desempenho em diferentes resoluções espaciais. Revista brasileira de cartografia. Vol. 69, n. 1 (2017), p. 61-69, 2017.

GOERL, Goerl, Goerl, R. F., Chaffe, P. L., Speckhann, G. A., Pellerin, J. R., Flores, J. A., Abreu, J. J., & Sanchez, G. M. O modelo hand como ferramenta de mapeamento de áreas propensas a inundar. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017.

HORA, Silmara Borges da; GOMES, Ronaldo Lima. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA. *Sociedade & Natureza*, v. 21, p. 57-75, 2009.

Imagens mostram Itabuna antes e depois da enchente. G1, 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2021/12/27/imagens-mostram-itabuna-antes-e-depois-da-enchente.ghtml>. Acesso em: dia, mês, ano

MENGUE, Vagner., GUERRA, Rosana., MONTEIRO, Deyvid., MOARES, Meriene., VOGT, Helena. Análise da expansão urbana em áreas suscetíveis à inundação utilizando o modelo HAND: o caso da Região Metropolitana de Porto Alegre, Brasil. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, n. 12, p. 231-253, 2017.

MENGUE, Vagner P., SCOTTÁ Fernando Comerlato., SILVA Tatiana Silva., FARINA Flávia. Utilização do Modelo HAND para mapeamento das áreas mais suscetíveis à inundação no Rio Uruguai. *Pesquisas em Geociências*, v. 43, n. 1, p. 41-53, 2016.

MILANESI, Jonas; QUADROS, E. L.; LAHM, Regis Alexandre. Utilização do modelo HAND no reconhecimento dos terrenos sujeitos a inundação-Porto Alegre/RS. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 69, n. 4, p. 675-686, 2017.

MOMO, Marcos Momo, M. R., Pinheiro, A., Severo, D. L., Cuartas, L. A., & Nobre, A. D. Desempenho do modelo HAND no mapeamento de áreas suscetíveis à inundação usando dados de alta resolução espacial. *RBRH*, v. 21, p. 200-208, 2016.

SILVA, Kaique B., AMORIM, Raul R. RISCOS DE INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA, BRASIL: ANÁLISE A PARTIR DO MODELO HAND

Veja antes e depois das ruas de Itabuna, cidade que ficou alagada com chuvas no sul da Bahia. G1, 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2021/12/27/veja-antes-e-depois-das-ruas-de-itabuna-cidade-que-ficou-alagada-com-chuvas-no-sul-da-bahia.ghtml>.

Acesso em: dia, mês, ano (aqui vc vai botar o último acesso se vcs nesse site)

Zanandrea, F., Silveira, A. L. L. D., Monte, B. E. O., Tavares, M. H., & Abatti, B. H. Capacidade do modelo HAND na representação de uma mancha de inundação comparado ao modelo hidrodinâmico HEC-RAS 2D. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (23.: Foz do Iguaçu, 2019). Anais [recurso eletrônico]. Porto Alegre: ABRH, 2019, 2019.