



ANÁLISE DO ÍNDICE DE INUNDAÇÃO E MAPEAMENTO ESTRATÉGICO DE ÁREAS DE RISCO NA SUB-BACIA DO RIACHO DOS MOCÓS, CARUARU/PE

Erika Alves de Meneses

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal do Pernambuco, Caruaru, Pernambuco, Brasil
erika.meneses@ufpe.br

Clauber Bezerra Pires

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal do Pernambuco, Caruaru, Pernambuco, Brasil
clauber.bpires@ufpe.br

Isabela de Araújo Souza Freitas

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal do Pernambuco, Caruaru, Pernambuco, Brasil
isabela.souzafreitas@ufpe.br

Maria de Lourdes de Souza

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal do Pernambuco, Caruaru, Pernambuco, Brasil
mariasoares.souza@ufpe.br

Edson Alves da Silva

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal do Pernambuco, Caruaru, Pernambuco, Brasil
edson.alvess@ufpe.br

Diogo Henrique Fernandes da Paz

Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal do Pernambuco, Caruaru, Pernambuco, Brasil
diogo.henriquepaz@ufpe.br

Resumo: Este estudo analisa a suscetibilidade a inundações na Sub-bacia dos Mocós, localizada em Caruaru/PE, devido à urbanização desordenada e problemas hídricos frequentes. A pesquisa visa mapear áreas de risco e propor estratégias de mitigação para alagamentos. A metodologia baseia-se em análise multicritério utilizando o Método de Análise Hierárquica (AHP), que considera fatores como declividade, uso do solo, proximidade de corpos hídricos e características pedológicas. Os dados geoespaciais foram processados no software QGIS, atribuindo scores de risco (3 a 10) para diferentes áreas da bacia. Os resultados destacam que regiões com alta urbanização e baixa capacidade de infiltração, especialmente ao sul da bacia, apresentam maior suscetibilidade a inundações, com um índice elevado de risco (score 10). Além disso, constatou-se que a bacia possui uma área classificada com risco alto ou muito alto de 54,47%. Constatou-se que a morfometria e o perfil altimétrico da bacia influenciam o escoamento superficial, exacerbando o risco de enchentes em áreas de baixa altitude e próximo ao Riacho dos Mocós. Conclui-se que intervenções como infraestruturas verdes e melhorias no sistema de drenagem são essenciais para reduzir os riscos de inundação, promovendo uma gestão hídrica sustentável na região.

Palavras-chave: AHP, Drenagem Urbana, QGIS, Scores, Suscetibilidade.



1. Introdução

De acordo com o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA) (2020), o saneamento básico caracteriza-se como um conjunto de sistemas estruturais que garantam à população serviços de abastecimento de água com qualidade e quantidade adequadas; esgotamento sanitário que colete, transporte, trate e destine os efluentes; sistema de coleta de resíduos sólidos, com transporte e destinação dos mesmos; e, por último, a drenagem das águas pluviais, formada por elementos estruturais que transportem a água, até áreas de infiltração e retenção da chuva. Todavia, apenas 45,3% dos municípios brasileiros possuem sistema exclusivo para drenagem das águas pluviais urbanas, e apenas 4,6% desses municípios possuem algum tipo de tratamento para essas águas.

Esse é um cenário preocupante, pois, ao longo do tempo, houve um aumento significativo nas cidades e regiões metropolitanas, com conseqüente desenvolvimento da sociedade em todo o globo, acarretando uma acumulação da população em centros urbanos. Isso gerou instabilidade ambiental que afeta diretamente a segurança e o bem-estar das pessoas, visto que, em decorrência dessa crescente massa no meio urbano, agravou-se o risco de cataclismos oriundos de alagamentos, enchentes, inundações e deslizamentos de barreiras e encostas (Azevedo, 2019).

A urbanização não planejada ocasiona a impermeabilização das bacias hidrográficas por meio da retirada da cobertura vegetal, apropriação de áreas ribeirinhas e implantação de obras sem estudos sobre a drenagem do local, a situação do solo e a hidrografia existente. Em vista disso, é recorrente que, após esse crescimento populacional, muitos municípios enfrentem situações de inundação (Alencar *et al.*, 2022).

O município de Caruaru, localizado no agreste do estado de Pernambuco, sofre com um constante cenário de alagamentos, inundações e desabamentos devido às precipitações (Paes, 2021). Isso se justifica em virtude do seu clima semiárido, onde, de acordo com Timoteo (2020), essa região brasileira é identificada por registrar catástrofes hídricas e atmosféricas desencadeadas por chuvas intensas e extremas.

Este estudo tem como objetivo caracterizar detalhadamente a bacia hidrográfica denominada Bacia dos Mocós, em Caruaru-PE, visando desenvolver soluções sustentáveis para a gestão de águas pluviais e apoiar o planejamento urbano e ambiental. A pesquisa abrange a análise das características físicas e hidrológicas da bacia, incluindo hipometria e declividade, além de investigar o uso do solo para avaliar os impactos na infiltração e na vulnerabilidade a inundações. Com base nessas análises, será elaborado o mapa de índice de inundação da Bacia dos Mocós, utilizando ferramentas de geoprocessamento, como o QGIS. Por meio desses resultados, a pesquisa buscará mitigar os riscos de inundações e fornecer uma base técnica que promova a sustentabilidade hídrica e a segurança ambiental na região.

2. Fundamentação teórica

2.1 Caracterização da hidrologia e dinâmica das inundações

Os grandes centros urbanos enfrentam sérios desafios hidrológicos, exacerbados pela ocupação desordenada e pela crescente frequência de inundações bruscas e eventos extremos.



As variáveis que influenciam essas dinâmicas incluem o curto tempo de concentração das águas, a alta taxa de impermeabilidade das bacias e a variabilidade espacial e temporal das chuvas. Para Lima (2019), apesar dos avanços nos modelos computacionais para simulação de processos hidrológicos, as incertezas persistem, tanto na transformação chuva-vazão quanto na propagação hidráulica nos canais urbanos. A análise dessas incertezas envolve a caracterização dos eventos de cheias, utilizando modelos hidrodinâmicos e conceituais que, ao incorporar dados históricos e parâmetros pré-definidos, permitem um entendimento mais claro da dinâmica das inundações.

O risco de ocorrência de inundações é influenciado por características geográficas e de cursos de água de uma dada região. No contexto da hidrologia e morfometria, a dinâmica das inundações está diretamente relacionada a alterações no comportamento hidrológico dos cursos d'água, que são impactados pelas características morfométricas dos canais e das planícies fluviais. Mudanças na geomorfologia, como a impermeabilização das superfícies e a canalização dos cursos d'água, aumentam a vulnerabilidade das áreas, levando a alagamentos em locais de convergência de acordo com Ferraz *et al.* (2022).

Além das características morfométricas, a interação entre fatores climáticos e o uso do solo desempenha um papel crucial na dinâmica das inundações. A variabilidade nas precipitações, que pode ser acentuada por fenômenos climáticos, intensifica a frequência e a gravidade dos eventos de cheias. Por outro lado, a expansão urbana, mesmo que controlada, pode levar à alteração das drenagens naturais e à compactação do solo, reduzindo a capacidade de infiltração e aumentando o escoamento superficial. A análise integrada desses aspectos pode ser aplicada para desenvolver estratégias que atenuem seus efeitos, promovendo uma visão mais direcional da problemática.

A análise e caracterização de uma bacia hidrográfica são aplicáveis no que se relaciona a resolver problemáticas voltadas à dinâmica hidrológica, podendo ser aplicada a bacias com características semelhantes. Para Silva *et al.* (2023), o conhecimento de variáveis como área, perímetro e declividade, contribui para o planejamento e gestão ambiental, uma vez que essas características influenciam processos hidrológicos como infiltração e escoamento. Sendo assim, partindo dessa parametrização, faz-se a avaliação dos aspectos hidrológicos e ambientais, permitindo prever a vulnerabilidade da microbacia a eventos como enchentes e erosão de uma dada área.

2.2 Mapeamento das áreas de risco e sua correlação com uso e ocupação do solo

No que se refere ao uso e à ocupação do solo, Campioli e Vieira (2019) destacam que a falta de convergência entre o planejamento do zoneamento e o gerenciamento dos recursos hídricos aumenta a suscetibilidade a inundações. Essa relação pode ser compreendida por meio do mapeamento de áreas vulneráveis nos municípios, que denota como a ocupação do solo reflete no risco ambiental para tal condição. Assim, áreas de baixa altitude, frequentemente urbanizadas, apresentam um risco elevado, especialmente quando ocupadas por solos que são suscetíveis a inundações.

Neste contexto, observa-se que nos últimos anos a frequência de desastres naturais como inundações e deslizamentos tem crescido, afetando gravemente áreas urbanas e ribeirinhas e resultando em sérios prejuízos sociais e econômicos. Tendo em vista que as atividades humanas, especialmente a urbanização desordenada e consequente diminuição da



permeabilidade do solo, intensificam esse risco, apesar da influência de fatores naturais como relevo e clima segundo Cury *et al.* (2021).

Desta forma, o uso de geoprocessamento torna-se uma ferramenta aplicável na identificação de áreas vulneráveis, permitindo a criação de mapas temáticos que ajudam a visualizar e monitorar regiões suscetíveis a desastres. Os sistemas de informações geográficas (SIGs) facilitam o tratamento de dados espaciais, permitindo a análise detalhada das dinâmicas territoriais e a visualização de áreas com potencial de inundação. Esses sistemas também apoiam a tomada de decisões para o planejamento territorial de maneira mais eficiente e integrada. Sendo assim, para Macedo (2018) os sistemas de geoprocessamento são ferramentas importantes para os estudos de risco de desastres e vulnerabilidade socioambiental, possibilitando a mitigação dos impactos de desastres naturais.

Sendo assim, para Campioli e Vieira (2019), os estudos em bacias hidrográficas não se relacionam apenas à análise de seus aspectos físicos, mas também às suas dinâmicas naturais, econômicas e sociais, considerando as mudanças provocadas pela ação humana. Assim, a avaliação de desastres e riscos naturais deve integrar tanto os sistemas ambientais quanto os sociais, sendo importante ressaltar que a elaboração, aprovação e fiscalização de instrumentos de ordenamento territorial, como planos diretores, zoneamento e parcelamento do solo, são atribuições municipais que, quando alinhadas às políticas de defesa dos civis, podem identificar e mapear áreas de risco de desastres e mitigar os seus impactos.

3. Metodologia

Para atingir o objetivo de identificar as regiões da Bacia dos Mocós com maiores índices de inundação, foi adotada a metodologia de Neto *et al.* (2024), que se concentra no reconhecimento dessas áreas vulneráveis. A metodologia aplicada envolve uma análise detalhada de fatores como declividade, hipsometria, uso e cobertura do solo, pedologia e a proximidade de corpos hídricos. Cada um desses elementos é fundamental na dinâmica das inundações: por exemplo, áreas com declividade elevada podem favorecer o escoamento rápido das águas, enquanto uma cobertura do solo inadequada agrava o risco de inundação ao limitar a absorção de água pelo solo. Além disso, foi feita uma análise morfométrica da bacia para compreender seu comportamento a partir das características geométricas, de drenagem e relevo. Compreender a interação desses fatores é crucial para desenvolver estratégias eficazes de gerenciamento e planejamento, visando tanto a proteção das comunidades locais quanto a preservação do meio ambiente.

A pesquisa foi realizada na Bacia dos Mocós, localizada em Caruaru, Pernambuco, uma área escolhida por sua relevância em termos de suscetibilidade a inundações, especialmente em contextos urbanos. Para essa definição, foram utilizadas informações geográficas e demográficas disponíveis em bases de dados públicas e estudos anteriores, com o intuito de entender as características específicas da bacia que poderiam influenciar a dinâmica das inundações.

Na etapa de coleta de dados, foram utilizados diversos recursos para obter informações essenciais sobre a Bacia dos Mocós. Os dados de hipsometria foram obtidos a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) da plataforma Pernambuco Tridimensional (PE3D), no formato *raster*, com resolução espacial de 1m. Os dados de declividade foram gerados a partir do arquivo de hipsometria, utilizando a ferramenta de “Declividade” do software QGIS.



O uso e ocupação do solo da bacia foram obtidos da base cartográfica da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS), que fornece arquivos *shapefiles* de Áreas de Preservação Permanente (APP), hidrografia e uso e ocupação do solo de cada município brasileiro. O arquivo vetorial de pedologia foi obtido do Banco de Dados e Informações Ambientais (BDIA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Em relação à hidrografia, foram utilizados os dados do FBDS, com validação realizada a partir da extração de arquivos de linha do complemento OSM *Downloader*, disponível no QGIS. Este plugin identifica e classifica a rede hidrográfica, permitindo ajustes manuais nas linhas, que foram comparadas com a ortofoto da bacia hidrográfica.

Para a análise espacial, utilizou-se o software livre QGIS 3.30, que possibilitou a visualização e interpretação das informações geográficas coletadas. As camadas de dados foram integradas no QGIS, incluindo informações sobre a topografia, uso do solo e demais parâmetros mencionados.

O cálculo do índice de suscetibilidade a inundações constituiu uma etapa fundamental na pesquisa, sendo desenvolvido um índice que varia de 0 a 10, conforme os critérios estabelecidos por Neto *et al.* (2024). Este índice foi elaborado a partir de uma análise multicritério que considerou e ponderou cada parâmetro coletado de acordo com sua relevância na suscetibilidade a inundações, permitindo uma avaliação mais precisa das condições locais.

Tabela 1. Reclassificação dos critérios e fatores, conforme a suscetibilidade a inundações

Fatores	Classes / Distâncias	Score	Fatores	Classes / Distâncias	Score
Declividade (%)	0.000 – 3.000	10	Pedologia	Área Urbana	10
	3.001 – 8.000	8		Água	10
	8.001 – 20.000	4		Solos de Mangue	9
	20.001 – 45.000	2		Gleissolos	7
	45.000 - 100.000	1		Argissolos	7
Hipsometria (m)	523.000 - 525.500	10		Neossolos	4
	525.501 - 528.000	9		Latossolos	1
	528.001 - 543.000	7		Área Artificial	10
	543.001 - 573.000	5		Corpo Hídrico	10
	573.001 - 598.000	4		Mangue	9
	598.001 - 623.000	3	Solo Exposto	7	
	623.001 - 698.000	2	Agropecuária	7	
Distância dos corpos hídricos (m)	0,00 – 150,00	10	Uso e ocupação do solo	Vegetação campestre	3
	150,00 – 300,00	8		Vegetação florestal	1
	300,00 – 500,00	3			
	> 500,00	1			

Fonte: Adaptado de Pessoa Neto *et al.* (2023)

A metodologia adotada envolveu a reclassificação dos dados em formato *raster*, onde os scores atribuídos a cada critério foram multiplicados por pesos de importância, conforme o Método de Análise Hierárquica (AHP), e posteriormente somados para a obtenção do índice final de suscetibilidade à inundação. Essa abordagem possibilitou a obtenção de um índice final que reflete quantitativamente o risco de inundação em diferentes áreas da sub-bacia do Riacho dos Mocós.



A partir disso, chega-se à Equação 1 a seguir, que apresenta o cálculo do índice de suscetibilidade às inundações, em uma forma adaptada que exclui o parâmetro de variabilidade espacial da precipitação e redistribui o peso entre os demais fatores:

$$I_{si} = \omega d \cdot D + \omega h \cdot H + \omega o \cdot U + \omega s \cdot S + \omega a \cdot A \quad \text{Equação 01}$$

Onde: I_{si} é o índice de suscetibilidade às inundações;

D é o *score* de declividade;

H é a hipsometria;

U é o uso e ocupação do solo;

S é a pedologia;

A é a distância dos corpos hídricos; e

ω é o peso de cada parâmetro.

O índice resultante não apenas fornece uma medida clara e objetiva do risco de inundação, mas também serve como uma ferramenta valiosa para a priorização de áreas que necessitam de intervenções urgentes e para o planejamento urbano eficaz. Com esse índice, é possível obter um novo arquivo raster reclassificado de acordo com as suas respectivas classes de suscetibilidade. As classes de suscetibilidade são apresentadas na Tabela 2:

Tabela 2. Classes de suscetibilidade da bacia.

Classe	Score
Muito Baixa	0,0 a 2,0
Baixa	2,1 a 4,0
Média	4,1 a 6,0
Alta	6,1 a 8,0
Muito Alta	8,1 a 10

Fonte: Pessoa Neto *et al.* (2023).

4. Resultados

4.1 Caracterização Fisiográfica da Bacia dos Mocós

A Bacia dos Mocós, localizada no município de Caruaru no estado do Pernambuco, apresenta uma área total de 57,319 km², caracterizada por relevo variado, com altitudes entre 523 e 691 metros. Esta variação altimétrica influencia significativamente o padrão de escoamento e a distribuição hídrica. Áreas mais elevadas, próximas a 691 metros, promovem escoamento superficial mais rápido, aumentando o risco de erosão, enquanto regiões de menor altitude, em torno de 523 metros, acumulam água, o que favorece inundações em áreas urbanizadas e de baixa declividade (Figura 01).

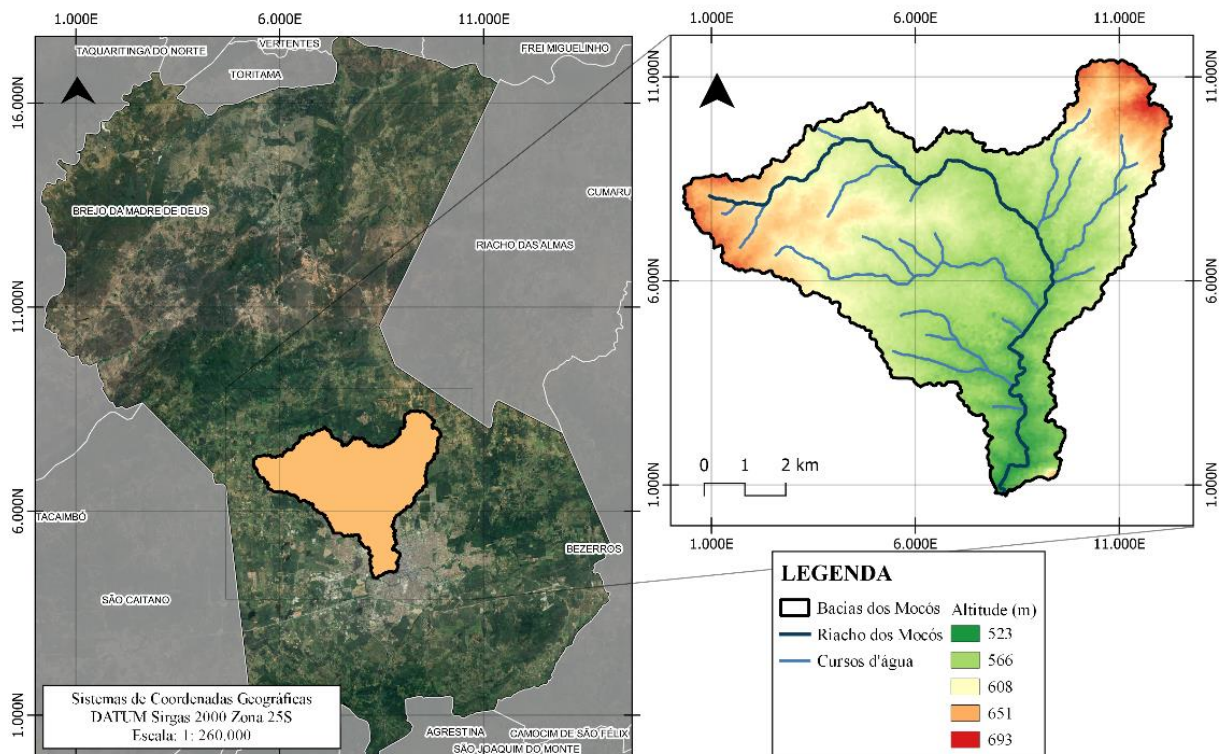
Workshop Internacional
SUSTENTARE & WIPIS 2024
 Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos

18 a 22 de novembro
 Transmissão online • Evento gratuito

Realização: PUC-CAMPINAS, EESC-USP, APCA
 Apoio Institucional: Agência de Estudos PUC

www.sustentarewipis.com.br

Figura 01 – Localização e altitude da Bacia dos Mocós, Caruaru / PE



Fonte: Autores (2024)

As baixas altitudes, predominante na bacia, favorece a retenção de água em áreas planas, aumentando a probabilidade de enchentes, especialmente em zonas urbanas onde a capacidade de infiltração é reduzida. A porção sul da bacia, que inclui bairros densamente urbanizados como Boa Vista, Caiuca, Centenário, Divinópolis, João Mota, Kennedy, Maurício de Nassau, Morro do Bom Jesus, Nova Caruaru, Salgado, São Francisco, Universitário e a Zona Rural, concentra grande parte das áreas impermeabilizadas. Esta configuração, juntamente com a baixa capacidade de infiltração e a presença de solos do tipo Planossolo Háplico, eleva a suscetibilidade a enchentes nessas regiões.

A rede de drenagem da bacia é marcada pela presença do Riacho dos Mocós, o principal curso d'água da bacia, que deságua no Rio Ipojuca. O Riacho dos Mocós desempenha papel fundamental no escoamento superficial e na distribuição hídrica da bacia. Este riacho passa pelo meio da área sul densamente urbanizada, onde, além de canalizar as águas pluviais, acaba influenciando a ocupação de áreas ribeirinhas, o que contribui para a alocação de comunidades em zonas de risco de enchente.

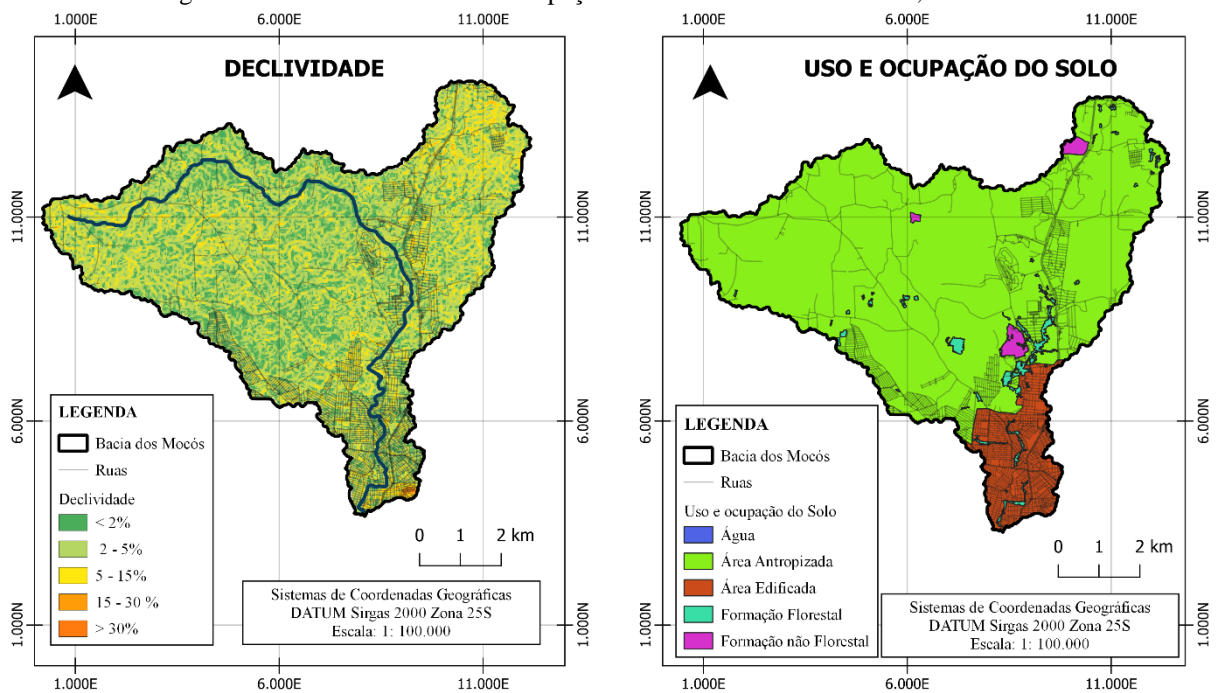
Ainda, a Bacia dos Mocós possui declividade predominante inferior a 5% (Figura 03), caracterizando o terreno como relativamente plano, o que afeta o escoamento, a infiltração e a erosão das águas pluviais. Esse perfil de baixa inclinação desacelera o escoamento superficial, aumentando o risco de acúmulo de água em áreas urbanizadas com solo impermeável, elevando a probabilidade de enchentes. Em áreas não urbanizadas, essa baixa declividade favorece a infiltração de água, mas, onde o sistema de drenagem é insuficiente, pode resultar em alagamentos. O potencial erosivo reduzido minimiza o impacto da erosão, embora a drenagem



inadequada possa causar saturação do solo e comprometer a estabilidade do terreno a longo prazo.

O uso e ocupação do solo na Bacia dos Mocós é diversificado, abrangendo áreas antropizadas, zonas urbanizadas, corpos d'água e formações florestais e não florestais. A área antropizada ocupa a maior extensão (5.041 ha), seguida por áreas edificadas (537 ha) e pequenas porções de corpos d'água (0,90 ha). As áreas de vegetação natural incluem formação florestal (93,47 ha) e formação não florestal (59,79 ha) conforme ilustrado na Figura 03.

Figura 03 – Declividade e Uso e ocupação do solo da Bacia dos Mocós, Caruaru/PE



Fonte: Autores (2024)

A rede hidrográfica da Bacia dos Mocós conta com 20 nascentes e 40,318 km de cursos d'água, tendo como principal curso o Riacho dos Mocós, que se estende por 19,43 km e deságua no Rio Ipojuca. Iniciando a 644,98 metros de altitude e descendo até 514,02 metros na foz, o perfil longitudinal do riacho, gerado no QGIS (Figura 04), revela importantes variações de inclinação, que influenciam a velocidade de escoamento, com áreas de potencial erosivo e de deposição de sedimentos ao longo do curso.

Figura 04 - Perfil longitudinal de altitude ao longo do curso principal do Riacho dos Mocós na Bacia



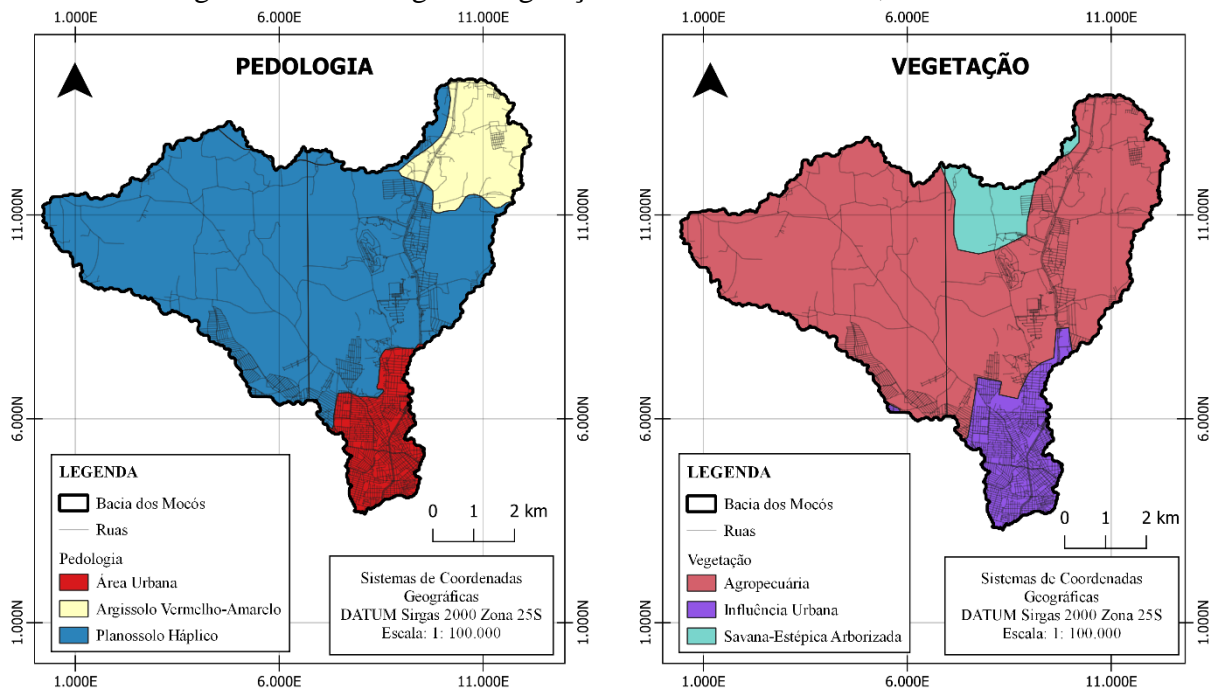
Fonte: Autores (2024)



A pedologia da Bacia dos Mocós (Figura 05) é composta por três principais classes de solos: áreas urbanizadas (551,01 ha) ao sul, Argissolo Vermelho-Amarelo (615,93 ha) a leste e Planossolo Háptico (4.564,92 ha) cobrindo a maior parte da bacia. O Argissolo Vermelho-Amarelo é um solo profundo e bem drenado, com menor risco de encharcamento, enquanto o Planossolo Háptico, devido à sua baixa permeabilidade, é mais suscetível a alagamentos em períodos chuvosos, impactando a drenagem e a gestão hídrica da região.

Ainda, a vegetação na Bacia dos Mocós é diversificada, com predominância de atividades agropecuárias em áreas rurais (Figura 05). A porção central da bacia exibe uma vegetação influenciada pela urbanização, refletindo a transição entre zonas rurais e urbanizadas, onde a vegetação nativa foi suprimida. No setor sul, encontra-se a Savana-Estépica Arborizada, caracterizada por árvores esparsas e plantas adaptadas ao clima semiárido.

Figura 05 – Pedologia e Vegetação da bacia dos Mocós, Caruaru/PE



Fonte: Autores (2024)

4.2 Características Morfométricas

Com base nos dados coletados pelo QGIS, a Bacia dos Mocós abrange uma área total de 57 km², com um perímetro de 53 km e um comprimento axial de 11 km. As características geométricas, de drenagem e de relevo estão detalhadas na Tabela 03.

Tabela 03. Características da bacia dos Mocós de Caruaru – PE

Características	Resultados	Unidades
Área (A)	57	km ²
Perímetro (P)	53	km
Comprimento axial da bacia (La)	11	km



Coefficiente de Compacidade (Kc)	1,94	-
Índice de circularidade (Ic)	0,26	-
Fator de forma (Kf)	0,49	-
Número de canais (n)	20	-
Comprimento total dos cursos d'água (Lt)	59,75	km
Comprimento do rio principal (L)	19,432	km
Distância vetorial (dv)	10,126	km
Densidade hidrográfica (Dh)	0,35	canais/km ²
Densidade de drenagem (Dd)	1,38	km/km ²
Índice de sinuosidade (Is)	1,92	-
Altitude máxima (Hmax)	644,98	m
Altitude mínima (Hmin)	514,02	m
Variação extrema da bacia (Δh)	130,96	m
Declividade do rio principal (Ip)	6,74	m/m

Fonte: Autores (2024)

Foi realizada uma caracterização geométrica da bacia, destacando-se o cálculo do índice de circularidade, que revelou um perfil alongado. Essa configuração sugere que a bacia possui um escoamento das águas facilitado, o que pode ser vantajoso para a gestão de recursos hídricos. Além disso, os resultados obtidos a partir do coeficiente de compacidade e do fator de forma apresentaram resultados positivos. Essas métricas são cruciais para avaliar a suscetibilidade da bacia a enchentes: o coeficiente de compacidade indica a eficiência do escoamento em relação à área da bacia, enquanto o fator de forma relaciona o comprimento axial com a largura média da bacia. Com base nessas equações, conclui-se que a Bacia dos Mocós não está sujeita a enchentes significativas.

Diversas características de drenagem foram identificadas na Bacia dos Mocós, destacando-se o padrão dendrítico da rede hídrica, que se assemelha à ramificação de uma árvore. A ordem do curso d'água, que reflete o grau de ramificação da rede, foi classificada como 3, indicando uma estrutura que não está predisposta a enchentes. Além disso, as análises das densidades hidrográficas e de drenagem revelaram um perfil de baixa densidade hidrográfica, com uma drenagem regular.

Na análise do índice de sinuosidade, observou-se que a bacia possui um rio com um perfil meandrante. Esses resultados reforçam a conclusão de que a Bacia dos Mocós é menos suscetível a eventos de alagamento, indicando uma boa capacidade de escoamento e estabilidade nas condições de fluxo de água.

As características do relevo da bacia revelam um contorno ondulado, que sugere um elevado grau de inclinação em sua topografia. Essa configuração ondulada indica a presença de colinas e vales, contribuindo para um escoamento dinâmico das águas e favorecendo a drenagem eficiente da bacia.

4.3 Análise de Suscetibilidade a Inundações

Com a utilização do *software* QGIS para a coleta e análise de dados, foi possível elaborar a Tabela 2, que apresenta a suscetibilidade à inundação da Bacia dos Mocós, conforme os



critérios estabelecidos por Neto *et al.* (2024). Nesta análise, os valores variam de 0 a 10, sendo que quanto mais próximo o valor estiver de 10, maior é o risco de inundação nessa bacia. Essa metodologia proporciona uma visualização clara das áreas mais vulneráveis, facilitando a identificação de regiões que requerem atenção especial para a mitigação dos riscos associados a inundações. A Tabela 04 apresenta a classificação dos fatores analisados em relação à suscetibilidade a inundações, oferecendo uma base sólida para a elaboração de estratégias de gerenciamento e intervenção.

Tabela 04. Classificação dos fatores de inundação da Bacia dos Mocós, Caruaru/PE.

Fatores	Classes/ Distâncias	Nota	Risco de Inundação
Declividade (%)	0,00 – 3,00	10	Alto
Hipsometria	573,001 – 598,00	4	Média
Pedologia	Planossolos Háplico	7	Alto
Distância entre Corpos Hídricos (m)	300 – 500	3	Média
Uso e ocupação do solo	Área antropizada	7	Alto

Fonte: Autores (2024)

As pontuações obtidas decorrem da localização da Bacia dos Mocós em uma área de baixa declividade, resultando em uma hipsometria com variações altimétricas limitadas. Ademais, uma parte significativa de seu território é antropizada, o que acentua as alterações naturais da região. O solo predominante é do tipo planossolo háplico, conhecido por sua alta capacidade de retenção de água, que dificulta a infiltração (EMBRAPA, 2013). Essas características configuram um cenário propício à ocorrência de inundações, como demonstrado pelo mapa na Figura 06, que utiliza os scores da tabela 04 e os pesos de cada característica especificados na tabela 05.

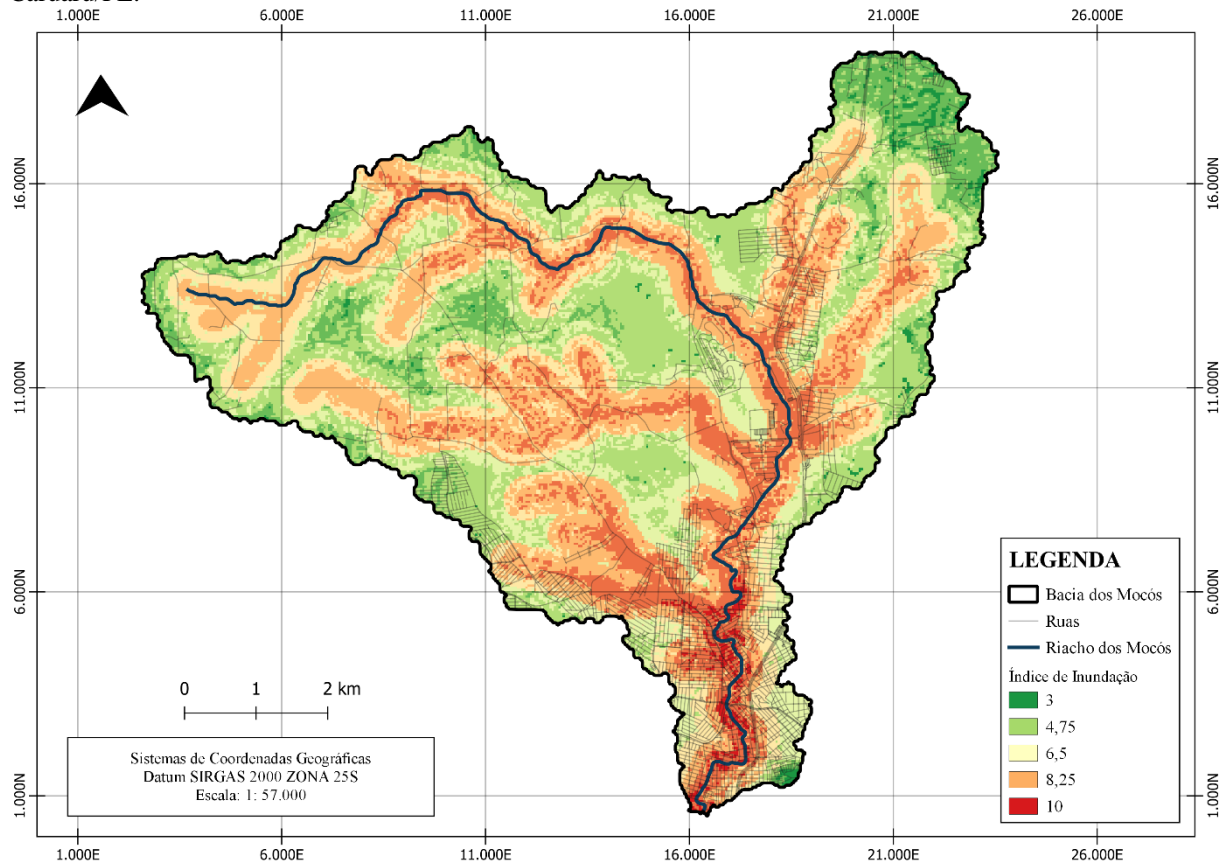
Tabela 05. Pesos dos fatores que influenciam na suscetibilidade a inundações elencadas para este estudo

Fator	Pesos
Declividade (A)	0.312
Hipsometria (B)	0.1737
Uso e Ocupação do Solo (C)	0.0985
Pedologia (D)	0.0379
Distância entre corpos (E)	0.3736
Índices pluviométricos (F)	

Fonte: Autores (2024)



Figura 06 – Índice de inundação gerado a partir da metodologia de Neto *et. al* (2024) para a Bacia dos Mocós, Caruaru/PE.



Fonte: Autores (2024)

A análise do mapa revela que a área mais ao sul da bacia, predominantemente urbanizada e abrangendo os bairros Boa Vista, Caiuca, João Mota, Kennedy, Nova Caruaru e Maurício de Nassau, apresenta um score 10, indicando alta suscetibilidade a inundações. Essa região é marcada pela proximidade do riacho que desagua no Rio Ipojuca. Em contrapartida, as áreas mais distantes do riacho obtêm um score 3, sinalizando uma baixa probabilidade de inundação. Observa-se que essas áreas são elevadas, o que contribui para a sua menor vulnerabilidade a alagamentos. A Tabela 06 apresenta as áreas com seus respectivos níveis de risco e o percentual de cada uma dentro da Bacia dos Mocós.

Tabela 06. Classificação de Risco e suas respectivas áreas

Risco	Área (Km ²)	%
Baixo	4.69	8.19%
Média	21.39	37.34%
Alta	23.46	40.96%
Muito Alta	7.74	13.51%
Total	57.27	100.00%



Fonte: Autores (2024)

A proximidade ao riacho, somada à ocupação de regiões ribeirinhas, eleva o risco de inundação em mais da metade da bacia (54,47%), reforçando a necessidade de intervenções para reduzir a vulnerabilidade dessas zonas. A proximidade ao canal de concreto do Riacho dos Mocós, especialmente na área urbanizada ao sul, é um fator crucial que eleva o risco de inundação. Além disso, a ocupação de regiões ribeirinhas, que frequentemente enfrentam alagamentos, intensifica essa vulnerabilidade.

Para mitigar os riscos de alagamento nas áreas mais vulneráveis da Bacia dos Mocós, identificadas no mapa, diversas estratégias podem ser implementadas de forma integrada. A construção de infraestrutura verde, como jardins de chuva, telhados verdes e áreas de retenção, é fundamental para promover a absorção da água da chuva, reduzindo o escoamento superficial. Além disso, a manutenção e expansão de áreas de vegetação natural nas margens dos rios e encostas são essenciais, pois a vegetação estabiliza o solo, diminui a erosão e atua como barreira natural ao fluxo de água.

Outra estratégia importante é a melhoria do sistema de drenagem urbana, que inclui a ampliação de galerias pluviais e a manutenção regular de canais de escoamento, aumentando a capacidade de vazão e prevenindo o acúmulo de água em áreas críticas. A construção de reservatórios e lagoas de retenção em locais estratégicos também é uma medida eficaz, permitindo o armazenamento do excesso de água durante chuvas intensas e sua liberação gradual e controlada.

Além disso, um planejamento urbano adequado e um zoneamento criterioso, evitando novas construções em áreas de alto risco, são essenciais para reduzir o impacto das enchentes, preservando as regiões menos vulneráveis. A educação e a conscientização ambiental desempenham um papel crucial nesse processo, incentivando a população a adotar práticas que minimizem o risco de obstruções nos sistemas de drenagem, como a correta destinação de resíduos e o cuidado com a limpeza dos canais de escoamento.

Essas ações integradas não apenas promovem a resiliência da bacia, mas também melhoram a gestão dos recursos hídricos e protegem a infraestrutura urbana e a qualidade de vida da população local.

5. Conclusões

A pesquisa proporcionou um julgamento minucioso sobre a suscetibilidade a inundações na Sub-bacia dos Mocós, em Caruaru-PE, vistos que os impactos da urbanização tumultuado e a não infraestrutura apropriada de drenagem urbana. Dessa maneira, utilizou-se o Método de Análise Hierárquica e ferramentas na gestão de geoprocessamento no QGIS, foi possível mapear as áreas de maior risco de inundação, considerando fatores como declividade, uso do solo, proximidade de corpos hídricos e características pedológicas.

De acordo com os dados obtidos, as áreas com grande potencial de urbanização e alta capacidade de permeabilização, especialmente a zona Sul da bacia em estudo, apresentam os maiores indicadores de riscos. O estudo também subsidiou que a morfometria e o perfil topográfico altimétrico da bacia, influenciam consideravelmente o escoamento superficial, frisando o grande risco de cheias em regiões que tem baixa altitude e adjacentes ao Riachos dos Mocós.

Outrossim, a fundamentação destacou a importância do saneamento básico e o desajuste dos sistemas de drenagem nas áreas urbanas brasileiras. É importante ressaltar que apenas uma



pequena fração dos municípios possuindo sistemas eficientes de drenagem e tratamento de águas pluviais, a urbanização não planejada tem agravado a fragilidade a deslizamentos e inundações.

Os resultados indicam a necessidade de adoção de estratégias de infraestrutura verde, como áreas de retenção e sistemas de drenagem urbana aprimorados, que contribuam para mitigar o impacto das chuvas intensas e promover uma gestão hídrica mais sustentável. Dessa forma, o estudo reforça a importância de intervenções estruturais e de políticas de zoneamento que limitem a ocupação em áreas de risco, visando a segurança das comunidades locais e a preservação ambiental. A continuidade do trabalho poderá incluir a análise de dados pluviométricos mais recentes e a implementação de simulações hidrodinâmicas para prever o comportamento das águas pluviais em cenários futuros.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro Acadêmico do Agreste – Caruaru – PE, a Pró-reitora de Pós-graduação (PROPG), a CAPES e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) e pelo incentivo das pesquisas desenvolvidas pelos alunos no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM).

7. Referências bibliográficas

ALENCAR, S. G.; CRUZ NETO, M. M.; SANDRIN, G. M.; CAMPOS, C. A.B. Técnicas compensatórias de drenagem urbana para manejo de águas pluviais: revisão sistemática e análise comparativa de métodos convencionais e inovadores no estado de Mato Grosso. **XIV Encontro Nacional de Águas Urbanas e IV Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos**, Brasília, p. 1-13, 19 set. 2022.

AZEVEDO, Flávio Souza. **BIORRETENÇÃO: TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS APLICADA A JOÃO PESSOA, PB**. 2019. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

CAMPOLI, 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*, v. 12, n. 1, p. 124-138, 2019.

DOMINGOS CURY, M. .; LADWIG, N. I.; DEBIASI MENEGASSO, J. .; SUTIL, T. . .; DE CONTO, D. . Mapeamento de áreas suscetíveis à inundação como informação para o planejamento e a gestão territorial em bacia hidrográfica. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 22, n. 83, p. 160–175, 2021. DOI: 10.14393/RCG228356231. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/56231>. Acesso em: 30 out. 2024.

DA SILVA, José Geraldo da Silva Geraldo; MONTE-MOR, Roberto César de Almeida; LIMA, Fernando Neves Lima Neves; RODRIGUES, Kleber Ramon Rodrigues Ramon. Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Entre Folhas, Entre Folhas –



MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 16, n. 6, p. 3204–3217, 2023. DOI: 10.26848/rbgf.v16.6.p3204-3217. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/259143>. Acesso em: 30 out. 2024.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

FREIRE, N. C. F.; BONFIM, C. V. DO; NATENZON, C. E. Vulnerabilidade socioambiental, inundações e repercussões na Saúde em regiões periféricas: o caso de Alagoas, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, p. 3755–3762, 1 set. 2014.

RAMOS, C. Perigos naturais devidos a causas meteorológicas: o caso das cheias e inundações. **e-LP Engineering and Technology Journal**, [S.l.] v. 4, p. 11-16, jun. 2013. Disponível em: <https://recil.ulusofona.pt/items/456cbb60-8cf7-4041-80f6-47c0d3a0d9c2>. Acesso em: 30 out. 2024.

FERRAZ, C. M. L.; VALADÃO, R. C.; PINTO, D. B. F.; ALMEIDA, R. A. Inundações e alagamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais, Brasil, segundo indicadores geomorfológicos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 23, n. 4, p. 1893–1910, 2022. DOI: 10.20502/rbg.v23i4.2152. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/2152>. Acesso em: 30 out. 2024.

OLIVEIRA CHAVES, H. L.; COSTA, M. E. L.; KOIDE, S.; DE ALMEIDA, T.; CICERELLI, R. E. Mapeamento de suscetibilidade à inundações utilizando o método da razão de frequência aplicado à bacia do riacho fundo - Distrito Federal. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 148–166, 2021. DOI: 10.9771/gesta.v9i1.42739. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/42739>. Acesso em: 30 out. 2024.

PAES, Igor Leony Freire. **Uso de índices radiométricos na análise espaço-temporal da impermeabilização no município de Caruaru**. 2021. 32 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2021.

MILLY, P. C. D. et al. Stationarity is dead: whither water management? *Science*, v. 319, n. 5863, p. 573-574, 2008.

MACEDO, Y. M. Contribuições do Geoprocessamento para estudos de risco e vulnerabilidade socioambiental em Natal/RN, Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 44–62, 2018. DOI: 10.21680/2447-3359.2018v4n2ID15243. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/15243>. Acesso em: 31 out. 2024.

NETO, Amaury Gouveia Pessoa; SILVA, Simone Rosa da; BARBOSA, Ioná Maria Beltrão Rameh. Mapeamento das Áreas Suscetíveis a Inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Duas Unas, em Pernambuco. *Geografia (Londrina)*, [S.L.], v. 33, n. 1, p. 265-284, 12 dez. 2023. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/2447-1747.2024v33n1p265>.



Workshop Internacional
**SUSTENTARE
& WIPIS 2024**
Sustentabilidade, Indicadores
e Gestão de Recursos Hídricos
www.sustentarewipis.com.br

18 a 22
de novembro
Transmissão online • Evento gratuito

Realização: PUC CAMPINAS, ESC USP
Apoio Institucional: UNIFESP, APOIO INSTITUCIONAL PUC

SINISA, Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico -. **O que é saneamento?** 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/sinisa>. Acesso em: 31 out. 2024.

TIMOTEO, K.K.S., 2020. Avaliação das ocorrências de desastres hidrometeorológicos na região semiárida do Brasil no período de 2003 a 2017. Mestrado em Geografia, Programa de PósGraduação em Geografia, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, 148 f.