

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

# **APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GEOTECNOLOGIAS NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: ESTUDO DE CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPOJUCA**

*Ana Paula Oliveira Portela Carvalho<sup>1</sup>, Ewlylly Nayde Gonçalves de Oliveira Araújo<sup>2</sup>, Rafael  
Giuseppe Figuerêdo Breckenfeld Fernandes<sup>3</sup>, Micaella Raissa Falcão de Moura<sup>4</sup>*

**Resumo:** As geotecnologias são ferramentas essenciais para a gestão de recursos hídricos, auxiliando no monitoramento, planejamento e tomada de decisões estratégicas. Elas permitem a coleta, armazenamento, análise e visualização de dados espaciais relacionados à água, como bacias hidrográficas, aquíferos, níveis e qualidade da água. Este estudo teve como objetivo aplicar as ferramentas QGIS e Google Earth na análise espacial da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca-PE, uma das mais impactadas do estado. Através da delimitação da bacia, análise de uso e ocupação do solo, identificação de áreas críticas e produção de mapas temáticos, foi possível diagnosticar situações de risco e áreas prioritárias para recuperação ambiental. Os resultados demonstraram que essas ferramentas são acessíveis e eficazes no suporte ao planejamento ambiental e à gestão integrada dos recursos hídricos.

**Abstract:** Geotechnologies are essential tools for the management of water resources, assisting in monitoring, planning, and strategic decision-making. They allow the collection, storage, analysis and visualization of spatial data related to water, such as watersheds, aquifers, water levels and quality. This study aimed to apply the QGIS and Google Earth tools in the spatial analysis of the Ipojuca River Basin-PE, one of the most impacted in the state. Through the delimitation of the basin, analysis of land use and occupation, identification of critical areas and production of thematic maps, it was possible to diagnose risk situations and priority areas for environmental recovery. The results demonstrated that these tools are accessible and effective in supporting environmental planning and integrated management of water resources.

**Palavras-Chave** – Geotecnologia; QGIS; Google Earth; Recursos Hídricos; Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca

## **1. INTRODUÇÃO**

A água é um recurso natural essencial para a manutenção da vida e para o desenvolvimento de atividades econômicas, sociais e ambientais. No entanto, a crescente demanda por esse recurso, associada à degradação ambiental, à poluição e às mudanças climáticas, tem intensificado os desafios

<sup>1</sup> Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP; (81) 99352-7231, [ana.2019101939@unicap.br](mailto:ana.2019101939@unicap.br), Graduada em Engenharia Ambiental

<sup>2</sup> Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP; (81) 99540-3395, [ewlylly.2020208295@unicap.br](mailto:ewlylly.2020208295@unicap.br), Graduada em Engenharia Ambiental

<sup>3</sup> Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP; (81) 99818-0201, [rafael.2020107194@unicap.br](mailto:rafael.2020107194@unicap.br), Graduando em Engenharia Civil

<sup>4</sup> Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP; (81) 98875-0867, [micaella.moura@unicap.br](mailto:micaella.moura@unicap.br), Engenheira Civil

relacionados à sua disponibilidade e qualidade. Nesse cenário, a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos torna-se fundamental para garantir o equilíbrio, bem como para preservar os ecossistemas aquáticos, alcançar a segurança hídrica e assegurar o bem-estar das populações (MOURA et al., 2020).

Nesse contexto, as geotecnologias desempenham um papel fundamental na gestão dos recursos hídricos, uma vez que proporcionam ferramentas precisas e eficientes para a análise espacial, modelagem e monitoramento das bacias hidrográficas. Elas permitem uma visão abrangente e detalhada do território, considerando variáveis ambientais, hidrológicas e antrópicas, o que é essencial para o desenvolvimento de políticas públicas, planos de manejo e estratégias de conservação dos recursos naturais.

Por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), sensoriamento remoto e análise de dados geoespaciais, é possível monitorar mudanças no uso e ocupação do solo, identificar áreas de risco ambiental, avaliar processos erosivos, mapear áreas de recarga dos aquíferos e acompanhar a dinâmica dos corpos hídricos ao longo do tempo (MOTA; MOURA, 2024). Esses dados são cruciais para entender como as alterações na paisagem impactam o ciclo hidrológico, a disponibilidade de água e a qualidade dos recursos hídricos.

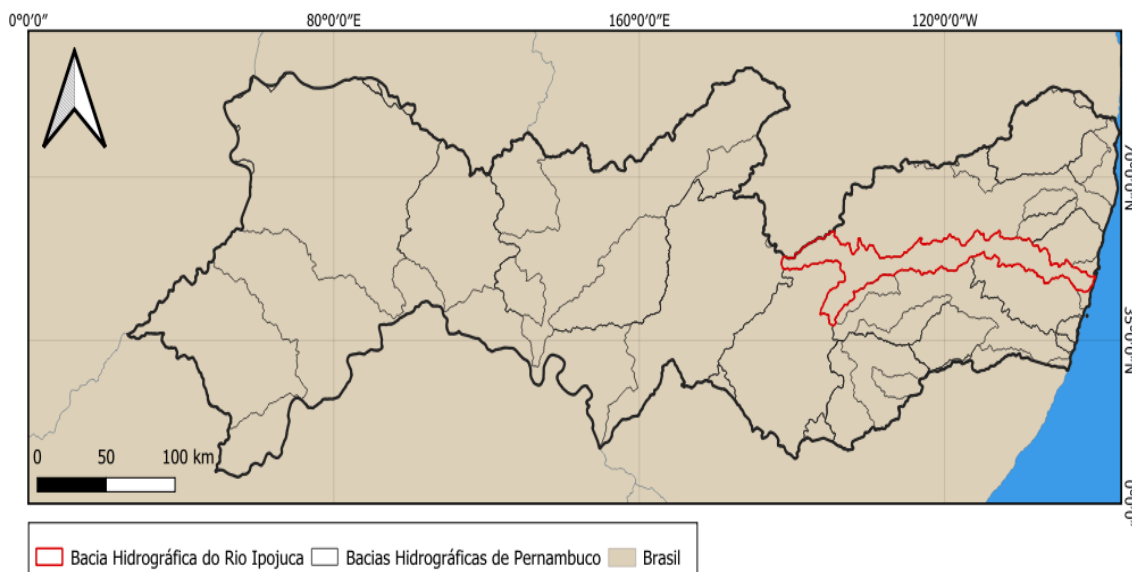
Além disso, as geotecnologias são indispensáveis para a elaboração de modelos hidrológicos e de simulações que auxiliam na previsão de eventos extremos, como secas e inundações, bem como no planejamento de obras de infraestrutura hídrica, sistemas de drenagem e intervenções ambientais. A integração de dados espaciais com informações hidrometeorológicas permite gerar cenários que apoiam a tomada de decisões por parte dos órgãos gestores e dos formuladores de políticas públicas. Considerando o exposto, o presente artigo aplicou as ferramentas QGIS e Google Earth na análise espacial da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (Pernambuco, Brasil), uma bacia de extrema importância para a região.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Este estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca, localizada em Pernambuco. A análise foi conduzida utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, com o apoio do software QGIS (versão 3.42.1). Foram utilizados dados cartográficos, imagens de satélite e informações hidrológicas disponibilizadas pela Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Foram realizados cálculos de parâmetros morfométricos, como área, perímetro, coeficiente de compacidade, fator de forma, tempo de concentração, densidade hidrográfica, índice de sinuosidade, declividade e densidade de drenagem. Na Figura 1 tem-se a localização da bacia Ipojuca, estado de Pernambuco, nordeste-Brasil.

Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca.



Fonte: Autores (2025)

## 2.1 Caracterização Morfométrica:

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica consiste na análise quantitativa de seus parâmetros físicos. Para isso, foram realizados a determinação do Coeficiente de Compacidade, Fator de forma, Índice de circularidade, tempo de concentração, densidade hidrográfica, índice de sinuosidade e a densidade de drenagem.

### 2.1.1 Coeficiente de Compacidade:

É a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. Indica maior ou menor tendência para enchentes em uma bacia. Quanto maior o coeficiente de compacidade, mais irregular e alongada é a bacia, portanto, menos suscetível a inundações, enquanto um coeficiente próximo de 1 indica uma forma mais circular, indicando maior potencial de enchentes.

$$Kc = 0,28 (P)/\sqrt{A}$$

Onde: Kc = coeficiente de capacidade; P= perímetro da bacia e A = circunferência de um círculo de área igual à da bacia.

### 2.1.2 Fator de Forma:

O fator de forma é um indicador importante para a análise hidrológica de uma bacia, pois influencia a dinâmica do escoamento das águas. Bacias com fator de forma baixo (mais estreitas e compridas) tendem a ter um escoamento mais concentrado e rápido, o que pode aumentar o risco de enchentes. Já bacias com fator de forma alto (mais arredondadas) possuem um escoamento mais distribuído e lento, com menor potencial de enchentes.

$$F = A/L^2$$

Onde: F = fator de forma; A = área da bacia; e L = comprimento axial da bacia.

### 2.1.3 Tempo de Concentração:

O tempo de concentração pode ser definido como o tempo necessário que leva para a água escoar do ponto mais distante da bacia até seu exutório. A avaliação do tempo de concentração de uma bacia é bastante complexa, devido aos inúmeros condicionantes envolvidos, existindo uma grande variedade de expressões de cálculo, merecendo, por isso, grande atenção na sua determinação, pois influencia significativamente no resultado da descarga de projeto.

Existem diversas fórmulas para calcular o tempo de concentração, para selecionar deve-se escolher a mais adequada para determinadas características da bacia. Esse parâmetro é um fator positivo em relação às cheias, pois quanto maior for o tempo de concentração menor será a possibilidade de enchentes.

$$T_c = 57(L^3/\Delta h)^{0,385}$$

Onde:  $T_c$  = tempo de concentração; L = comprimento do curso d'água;  $\Delta h$  = desnível.

### 2.1.4 Densidade Hidrográfica:

A densidade hidrográfica é a relação entre a quantidade de cursos d'água (rios, riachos etc.) e a área da bacia hidrográfica. Para calculá-la é necessário o número total de cursos d'água e a área da bacia, conforme a fórmula abaixo:

$$D_h = N/A$$

Onde:  $D_h$  = densidade hidrográfica; N = número total de rios; e A = área da bacia.

### 2.1.5 Índice de Sinuosidade:

O índice de sinuosidade indica os formatos dos canais, correlacionando o comprimento do canal principal e dividindo pela distância vetorial (comprimento em linha reta) desse mesmo canal, sendo calculado a partir da seguinte equação:

$$I_s = L/D_v$$

Onde:  $I_s$  = índice de sinuosidade; L = comprimento do canal principal; e  $D_v$  = comprimento vetorial entre os pontos extremos do canal.

### 2.1.6 Declividade:

A declividade e o escoamento superficial estão totalmente relacionados já que há uma relação inversa entre a inclinação da superfície e a infiltração, no qual o aumento na inclinação diminui a infiltração e vice-versa, influenciando a capacidade de transporte de sedimento e colaborando para definir o padrão do canal.

Os mapas de declividade auxiliam na análise de relevo, sendo retratado por diferentes níveis de inclinação. No presente estudo, utilizou-se 6 níveis de inclinação, classificado de acordo com a EMBRAPA (1979) em plano (0-3%), suavemente ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), fortemente

ondulado (20-45%), (45-75%) montanhoso e (>75%) fortemente montanhoso- conforme apresentado no Quadro 01.

**Quadro 1. Classificação de declividade.**

<b>Declividade (%)</b>	<b>Classe de Relevo</b>
0 - 3	Plano
0 - 8	Suave Ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte Ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: Os autores.

### 2.1.7 Densidade de Drenagem:

A densidade de drenagem é um parâmetro morfométrico que relaciona o comprimento total da rede de drenagem com a área da bacia hidrográfica, expressando o grau de desenvolvimento da rede de canais naturais (CHOW, 1964; CHRISTOFOLETTI, 1980). Este índice reflete as características físicas da bacia, sendo influenciado por fatores como litologia, tipo de solo, relevo, clima e cobertura vegetal (MOURA; CHAVES, 2013).

Densidade de drenagem é alcançado a partir da razão entre o comprimento total dos canais e a área da bacia, demonstrada na seguinte equação:

$$Dd = Lt/A$$

Onde: Dd = densidade de drenagem; Lt = comprimento total dos canais; e A = área da bacia.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Área de estudo:

A bacia hidrográfica do rio Ipojuca (BHRI), ocupa cerca de 3,49% da área territorial do Estado do Pernambuco, além de trespassar 25 municípios, 14 desses com suas sedes localizadas na área da bacia, de coordenadas geográficas 8°09'50" e 8°40'20" de latitude sul, e os meridianos 34°57'52" e 37°02'48" de longitude oeste.

A BHRI possui uma extensão territorial de 3.435,34 km<sup>2</sup>, faz divisa ao norte com a bacia hidrográfica do rio Capibaribe, ao sul com as bacias dos rios Una e Sirinhaém, a Leste com o segundo e terceiro grupo de bacias hidrográficas de pequenos rios litorâneos e o Oceano Atlântico, e a oeste com as bacias dos rios Ipanema e Moxotó e o Estado da Paraíba. O percurso do Rio Ipojuca, com cerca de 320 km, é preponderantemente orientado na direção oeste-leste, sendo seu regime fluvial intermitente, tornando-se perene a partir do seu médio curso, nas proximidades da cidade de Caruaru.

Com as características e dados obtidos anteriormente, foi possível fazer o dimensionamento da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca. O quadro 2 resume as características da bacia em estudo.

**Quadro 2: Características morfométricas da bacia**

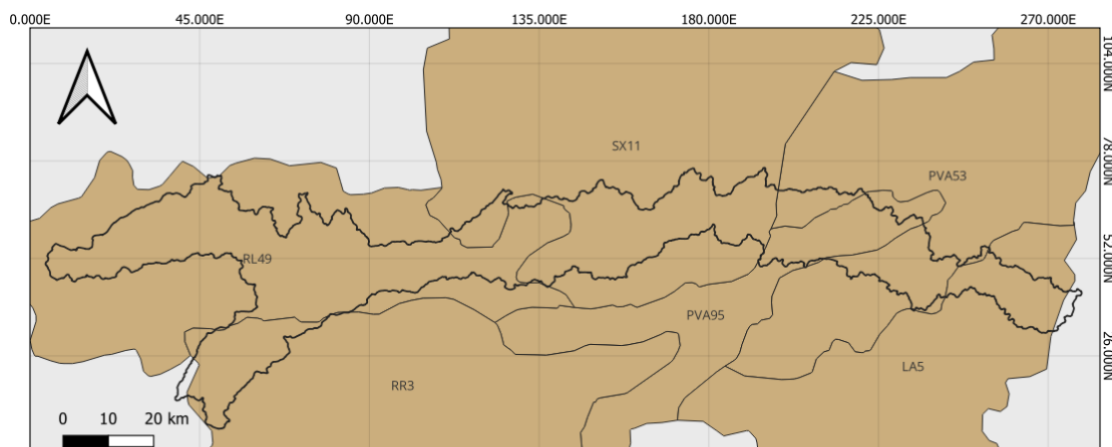
<b>Características Geométricas</b>			
Variável	Representação	Unidade	Resultado
Área da bacia	A	Km <sup>2</sup>	3435,34
Perímetro da Bacia	P	Km	838,01
Coefficiente de Compacidade	Kc	-	4,0036
Fator de Forma	Ff	-	0,06659
Comprimento axial	L	Km	228,306
<b>Características Drenagem</b>			
Comprimento total do curso dos rios	-	km	1.119,70
Densidade de Drenagem	Dd	km/km <sup>2</sup>	0,325
Tempo de concentração	Tc	min	2.65
Índice de Sinuosidade	Is	-	1,46
Número de cursos d'água	-	-	661
Densidade hidrográfica	Dh	rios.km <sup>-2</sup>	0,192

Fonte: Os autores.

A compreensão das características físicas de uma bacia hidrográfica é essencial para o planejamento e a gestão sustentável dos recursos naturais. Os solos influenciam diretamente o comportamento hidrológico da bacia, como a infiltração, o escoamento superficial, a erosão e a recarga dos aquíferos. Por isso, a análise do mapa de solos é um passo essencial para identificar as potencialidades e limitações naturais do território, subsidiando ações mais eficientes de conservação, uso do solo e manejo dos recursos hídricos (Figura 2).

Figura 2: Mapa de solos da área de estudos





#### Legenda

□ Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca

■ Tipos de Solo

- PVA95 - Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos + Neossolos Litólicos Eutróficos + Latossolos Amarelos Distróficos
- PVA53 - Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos + Planossolos Háplicos Eutróficos + Latossolos Amarelos Distróficos
- LA5 - Latossolos Amarelos Distróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos
- RL49 - Neossolos Litólicos Eutróficos + Planossolos Háplicos Eutróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos
- RR3 - Neossolos Regolíticos Eutróficos + Planossolos Háplicos Distróficos
- SX11 - Planossolos Háplicos Eutróficos + Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos + Neossolos Litólicos Eutróficos

Fonte: Os autores.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca, foram identificados diversos tipos de solos, cada um com características distintas que influenciam diretamente o comportamento hidrológico e o uso do território. Entre eles, destacam-se os Argissolos Vermelho-Amarelos, os Latossolos Amarelos, os Planossolos, os Neossolos Litólicos e os Neossolos Regolíticos.

Os Argissolos Vermelho-Amarelos são solos que apresentam acúmulo de argila em profundidade devido à intensa lixiviação. Essa característica, aliada à presença de óxidos de ferro que conferem a coloração vermelho-amarelada, indica um grau intermediário de desenvolvimento do solo. Embora tenham baixa fertilidade natural, podem ser utilizados na agricultura com o manejo e correções adequados. No entanto, são solos sensíveis à erosão, especialmente em áreas com declividade.

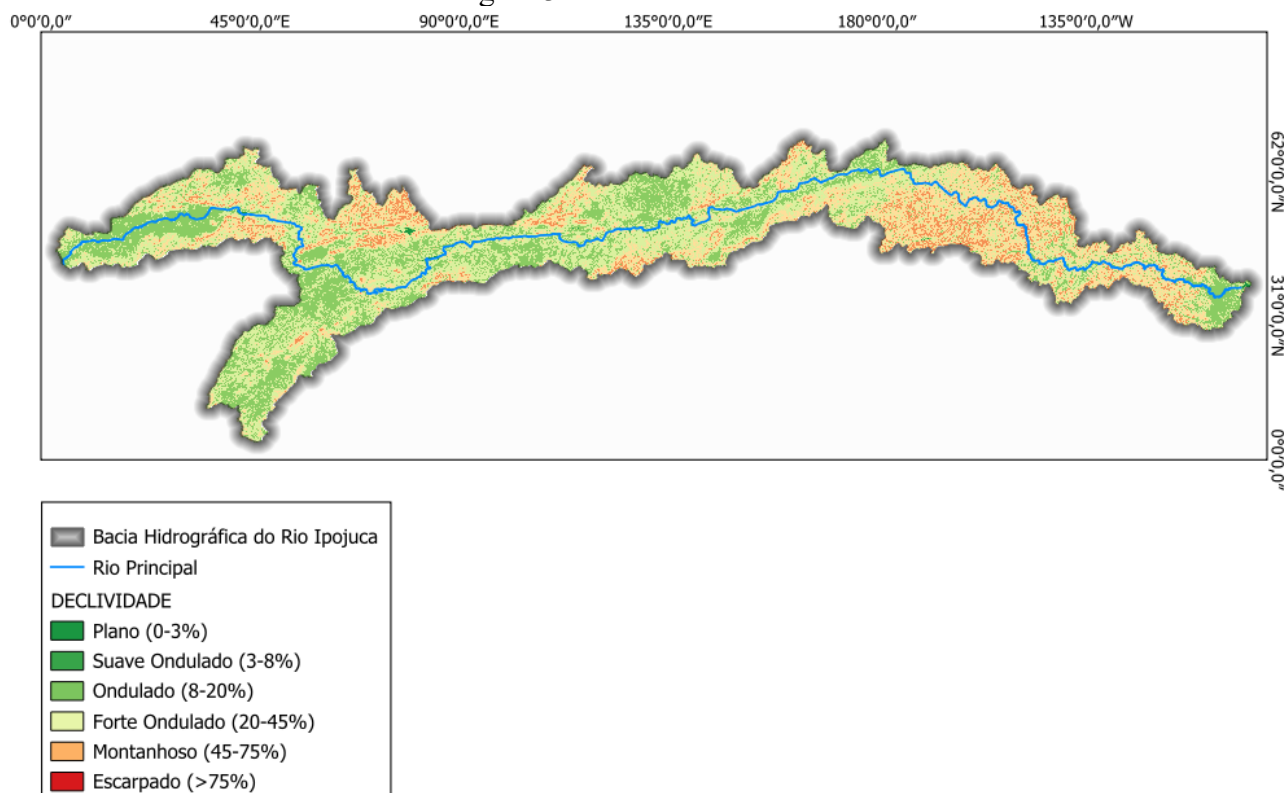
Os Latossolos Amarelos são solos bastante intemperizados, profundos e bem drenados, com estrutura granular e coloração amarelada devido à menor concentração de hematita. São comuns em regiões tropicais e possuem baixa fertilidade natural, mas boa capacidade de uso quando manejados de forma adequada. Por sua profundidade e porosidade, permitem boa infiltração da água e são menos suscetíveis à erosão.

Os Planossolos são caracterizados por apresentarem uma camada subsuperficial compactada, com má drenagem, o que os torna suscetíveis ao encharcamento. A fertilidade desses solos pode variar, mas em geral é considerada de moderada a baixa. Devido às suas limitações, são mais indicados para pastagens ou cultivos que tolerem solos com excesso de umidade.

Já os Neossolos Litólicos são solos muito rasos, com presença de material rochoso próximo à superfície. São pouco desenvolvidos, com baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, e, portanto, de baixa fertilidade. Seu uso agrícola é bastante limitado, sendo mais adequados para atividades extensivas ou conservação ambiental, especialmente em áreas com declividades acentuadas.

Por fim, os Neossolos Regolíticos também são solos pouco desenvolvidos, mas diferem dos litólicos por serem mais profundos, formados a partir de material inconsolidado (regolito). Embora apresentem baixa fertilidade, possuem maior capacidade de manejo em comparação aos Neossolos Litólicos, permitindo um uso um pouco mais diversificado, ainda que com restrições. Essas informações são essenciais para compreender o potencial de uso da terra e os riscos associados ao manejo inadequado do solo na bacia, sendo fundamentais para o planejamento de ações de conservação e uso sustentável dos recursos naturais. A Figura 3 apresenta o mapa de declividade da bacia.

Figura 3: Declividade da bacia



Fonte: Os autores.



Outro parâmetro estudado foi a declividade da bacia, através deste parâmetro identificam-se áreas consideradas planas à escarpadas, mas nota-se a predominância de plano à montanhoso.

Com resultado de 10,88%, a declividade corresponde à classificação de relevo ondulado, segundo a classificação da EMBRAPA (1979). Pode-se notar que, o relevo ondulado prevalece na área costeira da bacia, porém com a presença de serras próximas aos rios, além da existência de Argissolos distróficos e eutróficos e Latossolo Amarelo (Figura 2) e com baixa altitude.

Afastando-se da costa, nota-se o relevo de suaves ondulações e montanhoso, com a ocorrência de solos Litólicos e Regolíticos. Local onde se encontra a nascente do rio Ipojuca.

A declividade de uma bacia afeta a velocidade do escoamento superficial, tal como falta de cobertura vegetal, classe de solo e intensidade de chuvas, assim diminuindo a infiltração da água e afetando a quantidade de água armazenada no solo, que intensifica a erosão, ocorrência de enchentes e a degradação da bacia.

Hiruma e Ponçano (1994) propuseram classes de densidade de drenagem sendo: valores superiores a 2,50 - de alta densidade, entre 1,25- 2,50 - média densidade valores e, abaixo de 1,25 - baixa densidade de drenagem. Nesta classificação a Dd da bacia enquadra-se como de baixa densidade de drenagem (Tabela 2). Beltrame (1994) propôs uma classificação em quatro faixas para a densidade de drenagem: < 0,5 – baixa; 0,5 a 2 – mediana; 2 a 3,5 – alta e; > 3,5 – muito alta.

A densidade de drenagem da área, enquadra-se como baixa (Tabela 2). Isso se deve por conta de sua localidade, nesse caso, o semiárido pernambucano. Esse comportamento é comum em regiões semiáridas.

#### **4. CONCLUSÕES**

Com base nos resultados deste trabalho, faz-se imprescindível reforçar a importância da aplicação de tecnologias para o gerenciamento das águas em uma bacia hidrográfica, visto que essas ferramentas permitem o monitoramento, análise, identificação e mapeamento de áreas diversas. Por meio dessas tecnologias, é possível integrar dados ambientais, sociais e hidrológicos, promovendo uma visão sistêmica da bacia e auxiliando na tomada de decisões mais assertivas. Dessa forma, as geotecnologias fortalecem a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos, contribuindo para a conservação dos ecossistemas, a prevenção de desastres e o atendimento equilibrado das demandas humanas e ambientais.

A partir dos mapas e resultados obtidos, tem-se a conclusão de que a Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca detém um formato mais alongado e achatado, o que o faz apresentar um escoamento mais concentrado e rápido, contribuindo para aumentar o risco de enchentes. Tais resultados se fazem ainda mais relevantes considerando a posição geográfica da bacia estudada, bem como seu elevado grau de urbanização e pressões relativas ao uso da água. Os resultados indicaram ainda baixa inclinação, o que influencia na ocorrência de enchentes. Apresentou processos erosivos moderados evidenciados por sua baixa frequência de escoamento e o relevo predominante é o ondulado. Espera-se que os dados obtidos possam contribuir para o aprofundamento de pesquisas relacionadas à temática, auxiliando a tomada de decisão na gestão das águas do Ipojuca.

#### **REFERÊNCIAS**

AQUINO, C. de A. D'; CUNHA, S. B.; SANTOS, E. B. dos. *Análise da morfometria de bacias hidrográficas sujeitas a inundações na região sul de Santa Catarina – Brasil*. In: XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2015, Brasília. Anais [...]. Porto Alegre: ABRH, 2015. Disponível em: [https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/66/SBRH2013\\_\\_PAP013097.pdf](https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/66/SBRH2013__PAP013097.pdf). Acesso em: 9 jun. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Metadados da Bacia do Rio Ipojuca – Código 7bb15389-1016-4d5b-9480-5f1acdadd0f5*. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/7bb15389-1016-4d5b-9480-5f1acdadd0f5>. Acesso em: 9 jun. 2025.

CHOW, V. T. *Hydraulic Engineering*. New York: McGraw-Hill, 1964.

CHRISTOFOLETTI, A. *Morfologia de Bacias Hidrográficas*. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

EMBRAPA. *Bacia do rio Ipojuca*. Disponível em: [https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/recursos-hidricos/bacia-do-rio-ipojuca?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/recursos-hidricos/bacia-do-rio-ipojuca?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 9 jun. 2025.

EMBRAPA. *Relevo – Território Mata Sul Pernambucana*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/relevo>. Acesso em: 9 jun. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Novo mapa de solos do Brasil*. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2011. (Documentos, 130). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/920267/2/DOC130Onovomapadesol-osdoBrasil.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2025.

HIRUMA, S. T.; PONÇANO, W. L. *Densidade de drenagem e sua relação com fatores geomorfopedológicos na área do Alto Rio Pardo, SP e MG*. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, v. 15, n. 1–2, p. 49–57, 1994.

MOTA, I.M.Q.A.; MOURA, M.R.F. *Análise temporal da evolução da cobertura do solo no município de Olinda - Pernambuco*. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, XVII, 2024, João Pessoa-PB Anais [...]. Porto Alegre: ABRHidro, 2024. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=17116>. Acesso em: 06 jun. 2025.

MOURA, M. R.F. et al. *Segurança e vulnerabilidade hídrica: evoluções conceituais à luz da Gestão Integrada e Sustentável*. Ciência & Trópico, v. 44, n. 1, 2020.

MOURA, R. M.; CHAVES, H. M. L. *Análise morfométrica aplicada à gestão de bacias hidrográficas*. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 6, n. 3, p. 620-635, 2013.

