

## ANÁLISE DE NASCENTES LITORÂNEAS DO ESTADO DA PARAÍBA UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

JOSÉ HUGO SIMPLICIO DE SOUSA<sup>1</sup>, PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO<sup>2</sup>, JOÃO MIGUEL DE MORAES NETO<sup>3</sup>, GEORGE DO NASCIMENTO RIBEIRO<sup>4</sup>, JOSÉ NILTON SILVA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Mestrando em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, hugosimplicio123@gmail.com

<sup>2</sup>Eng. Agrícola Dr. Prof. Visitante, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

<sup>3</sup>Eng. Agron. Dr. Prof., UFCG, Campina Grande-PB, j.miguel.moraes@hotmail.com

<sup>4</sup>Eng. Agron. Dr. Prof., UFCG, Campina Grande-PB, george.nascimento@professor.ufcg.edu.br

<sup>5</sup>Eng. Químico, Dr. Prof., UFCG, Campina Grande-PB, nilton@eq.ufcg.edu.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
6 a 9 de outubro de 2025

**RESUMO:** Este estudo avaliou o grau de preservação de nascentes no litoral paraibano utilizando técnicas de geoprocessamento. Foram processados dados do MapBiomass<sup>®</sup>, Áreas de Proteção Ambiental e pesquisas anteriores no QGIS<sup>®</sup> 3.4.2, aplicando *buffers* de 50m ao redor das nascentes. A modelagem incluiu recortes e classificação para elaboração do mapa de preservação, com análise estatística no RStudio<sup>®</sup>. Os resultados mostraram eficiência no mapeamento, identificando 819 nascentes, sendo 404 na bacia do Mamanguape - favorecidas pelos solos Podzólicos Vermelhos Amarelos. A classe "Preservada" predominou nas bacias Mamanguape, Camaratuba e Abiaí, enquanto "Moderadamente Preservada" não excedeu 8,02% da área. As classes degradadas ("Moderadamente Degradada" a "Muito Degradada") totalizaram 3,47 km<sup>2</sup>, associadas ao uso da terra. A análise estatística revelou desvio padrão de 0,68 nas áreas mais preservadas e curtose negativa nas degradadas, indicando distribuição assimétrica. O método demonstrou precisão na avaliação do estado de conservação das nascentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Águas pluviais, coleta, armazenagem, geoprocessamento, geoestatística.

## ANALYSIS OF COASTAL SPRINGS IN THE STATE OF PARAÍBA USING GEOPROCESSING TECHNIQUES

**ABSTRACT:** This study evaluated the degree of preservation of springs on the coast of Paraíba using geoprocessing techniques. Data from MapBiomass<sup>®</sup>, Environmental Protection Areas, and previous research were processed in QGIS<sup>®</sup> 3.4.2, applying 50m *buffers* around the springs. The modeling included clipping and classification to create the preservation map, with statistical analysis in RStudio<sup>®</sup>. The results showed efficiency in mapping, identifying 819 springs, 404 of which were in the Mamanguape basin—favored by Red-Yellow Podzolic soils. The “Preserved” class predominated in the Mamanguape, Camaratuba, and Abiaí basins, while “Moderately Preserved” did not exceed 8.02% of the area. The degraded classes (“Moderately Degraded” to “Very Degraded”) totaled 3.47 km<sup>2</sup>, associated with land use. Statistical analysis revealed a standard deviation of 0.68 in the most preserved areas and negative kurtosis in the degraded areas, indicating asymmetric distribution. The method demonstrated accuracy in assessing the conservation status of the springs.

**KEYWORDS:** Rainwater, collection, storage, geoprocessing, geostatistics.

## INTRODUÇÃO

A gestão sustentável da terra e água é essencial, especialmente em regiões áridas com conflitos hídricos (Rahmati et al., 2019). Nascentes são mananciais complexos e essenciais para corpos hídricos, exigindo monitoramento e conservação (Jesus et al., 2018). Seu regime hidrológico varia com geologia e clima, sendo mais intermitente em áreas secas (Souza & Almeida, 2015).

A vegetação no entorno das nascentes reduz impactos das chuvas, mantém a porosidade do solo e evita erosão e contaminação (Skorupa, 2003). Práticas de manejo integrado de bacias são vitais,

incluindo diagnósticos e soluções ambientais (Silva & Ramos, 2001). O Código Florestal exige 50m de mata preservada, mas a ocupação desordenada ainda é um desafio (Donadio et al., 2005).

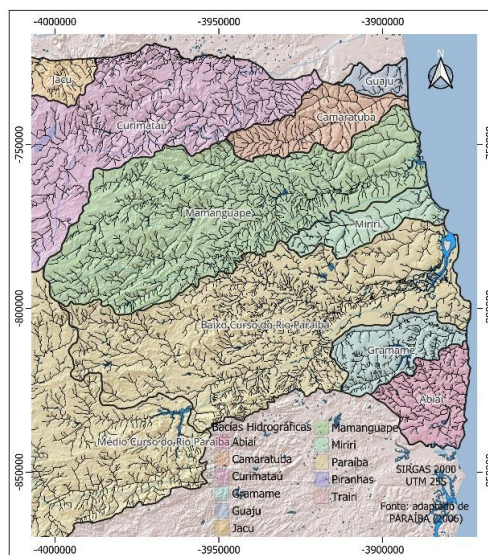
O Cadastro Ambiental Rural (CAR) é o principal instrumento de regularização ambiental, integrando dados para planejamento e combate ao desmatamento (Dias, 2022). Geotecnologias como SIG e sensoriamento remoto permitem análises precisas em bacias hidrográficas (Ghosh & Gope, 2021). Essas tecnologias facilitam o monitoramento e subsidiam decisões públicas e privadas (Crispim et al., 2021). O CAR e geotecnologias são essenciais para mapear e preservar esses recursos. A integração de dados ambientais e cadastrais otimiza a gestão territorial (Oliveira & Oliveira, 2019).

Portanto, este trabalho objetiva avaliar o grau de preservação e mapear áreas de nascentes de região litorânea paraibana através de técnicas de geoprocessamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende as bacias hidrográficas Litorâneas Paraibana, de acordo com PARAÍBA (2006), composta pelas bacias do Guaju (152,62 km<sup>2</sup>), Camaratuba (637,16 km<sup>2</sup>), Mamanguape (3.522,69 km<sup>2</sup>), Miriri (436,19 km<sup>2</sup>), Baixo Curso do Rio Paraíba (3.925,40 km<sup>2</sup>), Gramame (589,38 km<sup>2</sup>) e Abiaí (585,51 km<sup>2</sup>), perfazendo um total de 9.848,95 km<sup>2</sup> de área. A drenagem desta área ocorre em sentido Oeste a Leste (Figura 1).

Figura 1. Bacias hidrográficas e drenagem principal.



Fonte: adaptado de PARAÍBA (2006).

Dados *raster* de cobertura vegetal do ano de 2022 do Sentinel-2 de 10m foram obtidos no MapBiomias (2025) e processados no QGIS<sup>®</sup> 3.4.2, recortados conforme o *shape* das bacias hidrográficas (PARAÍBA, 2006). O MapBiomias<sup>®</sup> utiliza algoritmos de aprendizado de máquina na plataforma Google Earth Engine para classificação supervisionada (Gorelick et al., 2017).

Dados de APPs com nascentes e olhos d'água foram extraídos do SICAR<sup>®</sup> (2024), e um *buffer* de 50m foi aplicado ao entorno das nascentes usando a ferramenta de vetorização (BRASIL, 2002). Essa etapa garantiu a análise espacial precisa das zonas de preservação.

O sistema do MapBiomias<sup>®</sup> inclui validação e refinamento com imagens de alta resolução (MAPBIOMAS, 2019), assegurando precisão na classificação da cobertura vegetal. O processamento em nuvem otimizou a eficiência da análise. O arquivo do MapBiomias<sup>®</sup> foi recortado com o *shape* de contorno das nascentes usando a ferramenta de diferença no módulo de geoprocessamento. Em seguida, os dados foram reclassificados conforme a Tabela 1 utilizando a ferramenta *r.reclass* do GRASS<sup>®</sup> 8.4.

No tratamento estatístico foi realizada a análise descritiva dos dados e o teste de normalidade utilizando o software RStudio<sup>®</sup> v.2025. Para verificar se as amostras procediam de uma determinada distribuição de probabilidade, foram usados os testes de hipóteses não paramétricos Shapiro-Wilk

(1965), Lilliefors (1967), Pearson (1892) e Jarque-Bera (1987). Para a tendência foi realizado o teste de Man Kendall não paramétrico (Mann, 1945; Kendall & Stuart, 1967).

Tabela 1. Parâmetros da classificação do grau de preservação das nascentes

Tipo de Vegetação	Grau de Preservação
Floresta	Preservada
Formação natural não Florestal	Moderadamente preservada
Agricultura	Moderadamente degradada
Pastagem	Degradada
Não vegetada	Muito degradada

Fonte: adaptado de Mapbiomas (2024).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos revelam que a bacia hidrográfica do Mamanguape, localizada na região central litorânea, apresenta o maior número de nascentes, conforme destacado na Tabela 2. Esse padrão pode ser atribuído à sua maior extensão territorial e às características geográficas únicas, como a presença do Planalto da Borborema, região do Brejo com maior altitude e com pluviosidade anual diferenciada.

Tabela 2. Distribuição das nascentes

Bacia/sub-bacia	Quantidade
Abiaí	134
Baixo Curso do Rio Paraíba	133
Camaratuba	31
Gramame	98
Guajú	11
Mamanguape	404
Miriri	8
<b>Total</b>	<b>819</b>

Já a bacia do Abiaí, localizada ao sul do Estado, região com maior índice de pluviosidade, apresenta 134 nascentes seguida da região do Baixo Curso do Rio Paraíba com 133 nascentes identificadas, onde nestas predominam os Podzólicos Amarelos. Ao leste da bacia do Baixo Curso predominam os Luvissoles e Neossolos Litólicos. Caracterizam-se por serem rasos, com pouca capacidade de infiltração em razão das características do clima e da geomorfologia (Santos et al., 2018). A bacia do Gramame apresenta 98 nascentes identificadas, estas sob os Podzólicos Amarelos, predominantemente.

Na região litorânea norte, nas bacias Camaratuba e Guaju apresentam 31 e 11 nascentes, respectivamente. Estas nascentes se encontram em sua maioria sob os Neossolos Quartzarênicos. Esses solos, caracterizados por baixa coesão, elevada permeabilidade e capacidade reduzida de retenção hídrica (Souza, 2022). Na bacia do Miriri, região central litorânea, localizam-se somente 8 nascentes identificadas por este trabalho.

Pela Tabela 3, pode-se verificar a distribuição espacial das áreas que perfazem o raio de 50 metros como de Preservação Ambiental, em que, a maior área proporcional de grau da classe Preservada localiza-se na bacia do Mamanguape com 83,98%, também apresentando área de 28,02 km<sup>2</sup>, em relação as demais, seguida de Camaratuba e Abiaí com 75,08 e 73,22%, respectivamente. As demais bacias apresentam valores acima de 50% de preservação.

Tabela 3. Distribuição espacial do grau de preservação de nascentes

Grau de Preservação	Abiaí		Gramame		Baixo Curso do rio Paraíba		Camaratuba		Guajú		Mamanguape		Miriri	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
Preservada	7,25	73,22	4,04	54,01	5,42	57,26	1,78	75,08	0,42	50,18	23,53	83,98	0,36	58,27
Moderadamente Preservada	0,12	1,24	0,004	0,05	0,23	2,44	0,19	8,02	0,03	3,63	1,88	6,71	-	-
Moderadamente Degradada	2,51	25,35	3,25	43,42	2,29	24,12	0,34	14,52	0,39	46,19	0,94	3,37	0,26	41,25
Degradada	0,02	0,19	0,19	2,52	1,40	14,81	0,06	2,38	-	-	1,47	5,24	0,003	0,48
Muito Degradada	-	-	-	-	0,13	1,37	-	-	-	-	0,20	0,70	-	-
<b>Total</b>	<b>9,90</b>	<b>100</b>	<b>7,48</b>	<b>100</b>	<b>9,47</b>	<b>100</b>	<b>2,36</b>	<b>100</b>	<b>0,84</b>	<b>100</b>	<b>28,02</b>	<b>100</b>	<b>0,62</b>	<b>100</b>

A busca pela conservação e recuperação das nascentes é algo desejável, entretanto, as intervenções devem seguir um planejamento adequado, para que não ocorra a degradação da mina, contribuindo para o agravamento de danos ambientais ao invés da recuperação do ambiente (Holanda, 2022). De acordo com Duarte e Lima (2016), entende-se que as APPs são ambientes que tem função essencial para o bom funcionamento do ambiente, portanto, necessitam de maior atenção.

Pela Tabela 4 pode-se observar que, os dados estatísticos obtidos das APPs quanto a classe Preservada, apresenta valor máximo de área de 23,53 km<sup>2</sup> com o maior desvio padrão e maior alcance em relação as demais bacias, juntamente com a maior média e maior valor mínimo.

Tabela 4. Dados estatísticos

Grau de Preservação	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão	Alcance	Curtose
Preservada	0,36	23,53	6,11	4,04	8,10	23,17	0,14
Moderadamente Preservada	0,00	1,88	0,35	0,12	0,68	1,88	0,67
Moderadamente Degradada	0,26	3,25	1,43	0,94	1,23	2,99	-1,92
Degradada	0,00	1,47	0,45	0,06	0,68	1,47	-1,61
Muito Degradada	0,00	0,20	0,05	0,00	0,08	0,2	-1,14

Na Tabela 5 dos testes estatísticos observa-se que a variável Moderadamente Degradada apresenta leve diferença entre as demais variáveis e os testes realizados. No entanto, todos os testes são aceitos.

Tabela 5. Testes estatístico

Variável/Teste	Shapiro-Wilk		Pearson		Mann-Kendall		Lilliefors		Jarque-Bera	
	<i>W</i>	<i>p-valor</i>	<i>P</i>	<i>p-valor</i>	<i>tau</i>	<i>p-valor</i>	<i>D</i>	<i>p-valor</i>	<i>X<sup>2</sup></i>	<i>p-valor</i>
Preservada	0,7358	0,0090	8	0,0183	-0,4290	0,2296	0,3014	0,0539	35,756	0,1673
Moderadamente preservada	0,5742	0,0001	8	0,0183	0	1	0,4271	0,0003	5,671	0,0587
Moderadamente degradada	0,8549	0,1363	22,857	0,3189	-0,6190	0,0715	0,2284	0,3278	0,8419	0,6564
Degradada	0,6761	0,0020	13,714	0,0011	-0,0976	0,8793	0,3630	0,0058	1,349	0,5094
Muito degradada	0,6507	0,0010	13,714	0,0011	0,1970	0,7038	0,4292	0,0003	1,576	0,4548

## CONCLUSÃO

O estudo comprovou a eficácia das técnicas de geoprocessamento e dados cadastrais para mapear e classificar o estado de conservação das nascentes no litoral, onde foram identificadas 819 nascentes. A bacia do Mamanguape concentrou 404 nascentes, favorecida pela extensão territorial e predominância de solos Podzólicos Vermelhos Amarelos. A análise revelou que a preservação seguiu a ordem Mamanguape > Camaratuba > Abiaí, com apenas 8,02% das áreas classificadas como moderadamente preservadas. Em contraste, as áreas degradadas (3,47 km<sup>2</sup>) predominaram nas bacias do Gramame e Miriri, refletindo os impactos do uso da terra. Os indicadores estatísticos - como desvio padrão de 0,68 nas áreas preservadas e curtose negativa nas degradadas - confirmaram esses padrões, destacando a necessidade de ações diferenciadas de conservação conforme as características específicas de cada bacia hidrográfica.

## REFERÊNCIAS

- Crispim, D.L.; Bezerra, P.E.S.; Lima, G.V.B.A.; Fernandes, L.L. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé Quarenta Horas no município de Ananindeua, Pará. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, v.11, n.1, p.01-10, 2021.
- Dias, R.M. Cadastro Ambiental Rural como instrumento de regularização ambiental: diagnóstico da implementação da região do alto rio Corrente. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Estudos Geoambientais e Licenciamento). Instituto Federal do Piauí. Corrente, 2022.
- Donadio, N.M.M.; Galbiatti, J.A.; Paula, R.C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. *Engenharia Agrícola*, v.25, n.1, p.115-125, 2005.
- Duarte, C.S.; Lima, A.S. Uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do riacho Água Fria, município de Codó, Maranhão, Brasil. *Revista Geomae-Geografia Meio Ambiente e Ensino*, v.7, n.1, p.34-48, 2016.

- Ghosh, M.; Gope, D. Hydro-morphometric characterization and prioritization of sub-watersheds for land and water resource management using fuzzy analytical hierarchical process (FAHP): a case study of upper Rihand watershed of Chhattisgarh State, India. *Applied Water Science*, v.11, n.2, p.1-20, 2021.
- Gorelick, N.; Hancher, M.; Dixon, M.; Ilyushchenko, S.; Thau, D.; Moore, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, v.202, n.1, p.18-27, 2017.
- Holanda, D.M.C. Espacialização e avaliação ambiental das nascentes de drenagens do alto curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti (Ceará, Brasil). 94f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2022.
- Jarque, C.M.; Bera, A.K. A test for normality of observations and regression residuals. *International Statistical Review*, v.55, n.2, p.163-172, 1987.
- Jesus, J.B.; Oliveira, L.S.; Gama, D.C. Composição florística e caracterização do estado de conservação de nascentes no centro-leste da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru, semiárido da Bahia. *Floresta*, v.48, n.2, p.245-253, 2018.
- Kendall, M.A.; Stuart, A. *The advanced theory of statistics*. 2.a ed. Londres: Charles Griffin. 1967, 736p.
- Lilliefors, H.W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American Statistical Association*, v.62, n.318, p.399-402, 1967.
- Mann, H.B. Non-parametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, v.13, n.3, p.245-259, 1945.
- MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias. Coleção 2 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. 2014. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2025.
- MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias. Relatório Anual do Desmatamento no Brasil. 2019. 49p. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/alerta.mapbiomas.org/relatorios/MBI-relatoriodesmatamento-2019-FINAL5.pdf>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2025.
- Oliveira, L.; Oliveira, F.H. Verificação da integração entre o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e o Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR) sob a ótica do Cadastro Territorial Multifinalitário. *Geosul*, v.34, n.70, p.339-357, 2019.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.
- Pearson, K. The grammar of science. *Nature*, v.46, n.1185, p.247-247, 1892.
- Rahmati, O.; Samadi, M.; Shahabi, H.; Azareh, A.; Rafiei-Sardooi, E.; Alilou, H.; Shirzadi, A. SWPT: An automated GIS-based tool for prioritization of sub-watersheds based on morphometric and topo-hydrological factors. *Geoscience Frontiers*, v.10, n.6, p.2167-2175, 2019.
- Santos, H.G.; Jacomine, P.K.T.; Anjos, L.H.C.; Oliveira, V.Á.; Lumbreras, J.F.; Coelho, M.R.; Almeida, J.A.; Araújo Filho, J.C.; Oliveira, J.B.; Cunha, T.J.F. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356p.
- Silva, D.D.; Ramos, M.M. Planejamento e gestão integrada dos recursos hídricos. Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV/DEA, 2001. 89p. (Curso de Uso Racional dos Recursos Naturais e seus Reflexos no Meio Ambiente. Módulo 10).
- SICAR. Sistema do Cadastro Ambiental Rural. 2024. Disponível em: <https://consultapublica.car.gov.br/publico/estados/downloads>. Acesso em: 23 de novembro de 2024.
- Souza, G.F. Análise das alterações geomorfológicas da Bacia do Córrego do Cantagalo (SP). 69f. Monografia (Graduação em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2022.
- Souza, J.O.P.; Almeida, J.D.M. Processos fluviais em terras secas: uma revisão. *Revista Okara*, v.9, n.1, p.108-122, 2015.
- Shapiro, A.S.S.; Wilk, M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, v.52, n.4, p.591-611, 1965.
- Skorupa, L. A. Áreas de preservação permanente e desenvolvimento sustentável. Jaguaríuna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2003.