

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### **ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITACAIUNAS COM BASE EM IMAGENS LANDSAT**

*Ronis Cley Fontes da Silva 1<sup>1</sup>; Maria Rita Vidal 2; Maria Aparecida da silva Pimentel 3 & Alan Nunes Araújo 4*

**Abstract:** The Itacaiunas River Basin (IRB), located in the southeastern region of the state of Pará, presents a growing scenario of environmental transformations resulting from agricultural expansion, urbanization, and mining activities. This article aims to analyze land use and land cover in the IRB based on remote sensing and geoprocessing techniques, in order to support environmental planning actions. Landsat 8 satellite imagery (OLI sensor), acquired in June 2020, was processed using the eCognition Developer 64 software through object-based supervised classification (OBIA) and other treatments in Qgis. The mapped land cover classes included: dense ombrophilous forest, agricultural areas, non-agricultural anthropic areas, and water bodies. The results indicate that agriculture is the dominant class (56.63%), followed by dense ombrophilous forest (41.93%), while non-agricultural anthropic areas and water bodies represent 1.15% and 0.23% of the basin area, respectively. A strong fragmentation of native vegetation was observed outside the protected areas of the Carajás region, evidencing anthropogenic pressure on natural resources. The applied methodology proved to be highly efficient in the spatial characterization of land use and cover classes, allowing the identification of critical areas for territorial management. It is concluded that the intensive use of land has compromised the environmental integrity of the IRB, highlighting the urgent need for the implementation of public policies for land use planning and conservation, based on consistent technical-scientific tools.

**Keywords:** Geotechnology; Remote Sensing; Water Resources.

**Resumo:** A Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiunas (BRI), localizada no sudeste do estado do Pará, apresenta um quadro crescente de transformações ambientais decorrentes da expansão agropecuária, da urbanização e da mineração. Este artigo tem por objetivo analisar o uso e ocupação da terra na BRI com base em técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, visando subsidiar ações de planejamento ambiental. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8 (sensor OLI), adquiridas em junho de 2020, processadas no software eCognition Developer 64 por meio de classificação supervisionada baseada em objetos (OBIA) e os demais tratamentos no Qgis. As classes mapeadas foram: floresta ombrófila densa, agropecuária, áreas antrópicas não agrícolas e corpos hídricos. Os resultados indicam que a agropecuária representa a classe dominante (56,63%), seguida pela floresta ombrófila densa (41,93%), enquanto as áreas antrópicas não agrícolas e os corpos hídricos representam, respectivamente, 1,15% e 0,23% da área da bacia. Observou-se forte fragmentação da

1) Hidrotécnico do Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM), Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO), pela Universidade Federal do Pará (UFPA): R. Augusto Corrêa, 01 – Guamá, Belém – PA, 66075-110, [ronis.fontes@gmail.com](mailto:ronis.fontes@gmail.com)

2) Doutora em Geografia, professora colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO), Universidade Federal do Pará (UFPA): R. Augusto Corrêa, 01 – Guamá, Belém – PA, 66075-110, [ritavidal@unifesspa.edu.br](mailto:ritavidal@unifesspa.edu.br)

3) Doutora em Geografia, professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO), Universidade Federal do Pará (UFPA): R. Augusto Corrêa, 01 – Guamá, Belém – PA, 66075-110, [mapimentel@ufpa.br](mailto:mapimentel@ufpa.br)

4) Doutor em Geografia, professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO), Universidade Federal do Pará (UFPA): R. Augusto Corrêa, 01 – Guamá, Belém – PA, 66075-110, [alanaraudo@ufpa.br](mailto:alanaraudo@ufpa.br)

vegetação nativa fora das unidades de conservação da Serra dos Carajás, evidenciando a pressão antrópica sobre os recursos naturais. A metodologia aplicada demonstrou elevada eficiência na caracterização espacial das classes de uso e cobertura do solo, permitindo o diagnóstico de áreas críticas para fins de gestão territorial. Conclui-se que o uso intensivo da terra tem comprometido a integridade ambiental da BHRI, sendo urgente a implementação de políticas públicas de ordenamento territorial e conservação, com base em instrumentos técnico-científicos consistentes.

**Palavras-Chave:** Geotecnologia, Sensoriamento Remoto, Recursos Hídricos.

## INTRODUÇÃO

A análise do uso e ocupação da terra em bacias hidrográficas amazônicas tem sido amplamente reconhecida como uma ferramenta essencial para o planejamento ambiental e a gestão dos recursos naturais. Na Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiunas (BHRI), localizada no sudeste do estado do Pará, o processo de ocupação territorial vem sendo intensificado nas últimas décadas, sobretudo em função do avanço da agropecuária, da mineração e da urbanização, provocando alterações significativas na cobertura vegetal e no equilíbrio dos ecossistemas locais (SILVA, 2021).

Essas transformações estão diretamente relacionadas à intensificação do uso da terra, que tem gerado impactos negativos sobre os processos hidrológicos da bacia, como o aumento do escoamento superficial e a redução da capacidade de armazenamento hídrico, especialmente em áreas onde houve substituição da vegetação nativa por pastagens e áreas urbanas. Estudos anteriores demonstram que essas mudanças modificam o comportamento hidrológico das bacias e contribuem para o agravamento de problemas ambientais (CRUZ, 2010; SILVA JÚNIOR, 2017).

O uso de geotecnologias, como sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica, tem se mostrado eficaz na caracterização e monitoramento da cobertura do solo, permitindo análises mais detalhadas e precisas sobre os padrões de uso da terra e sua evolução ao longo do tempo. Essas ferramentas são fundamentais para a construção de diagnósticos ambientais que subsidiem políticas públicas e ações de ordenamento territorial (RODRIGUEZ; SILVA, 2013; SILVA, 2021).

Diante desse cenário, o presente artigo tem como objetivo analisar o uso e ocupação da terra na BHRI, com ênfase na identificação das principais tipologias de cobertura do solo e seus percentuais de área, considerando os impactos decorrentes das atividades antrópicas. A proposta visa contribuir com subsídios técnico-científicos que fortaleçam estratégias de planejamento ambiental integradas e territorialmente referenciadas, com foco na sustentabilidade dos recursos naturais da bacia.

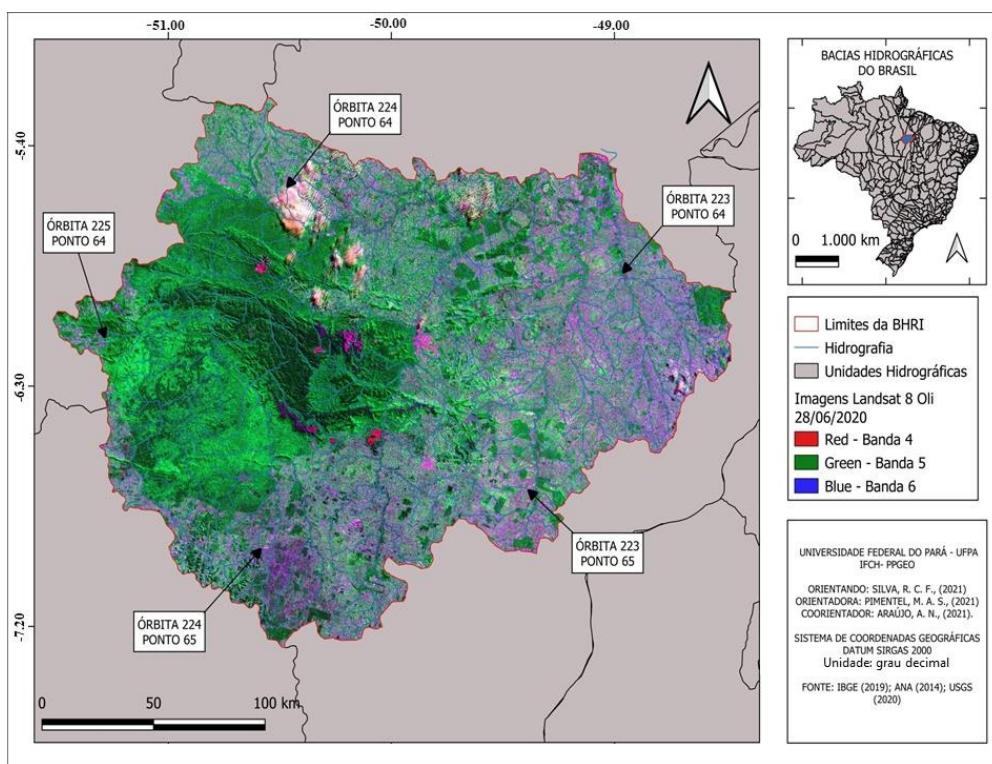
## METODOLOGIA

### Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiunas (BHRI) está situada na porção sudeste do estado do Pará, inserida na região Norte do Brasil, compondo a sub-bacia do sistema hidrográfico Tocantins-Araguaia. Sua nascente localiza-se na Serra da Seringa, no município de Água Azul do Norte, e seu curso principal percorre áreas de expressiva relevância econômica, abrangendo atividades como mineração, agropecuária e expansão urbana (SILVA, 2021).

A figura 1 apresenta a localização da Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiunas (BHRI), construída a partir do *mosaico de 5 imagens Landsat 8 sensor Oli*, referente ao ano de 2020.

Figura 1 – Carta imagem da localização da BHRI.



A bacia estende-se por diversos municípios, destacando-se Canaã dos Carajás, Parauapebas, Marabá, entre outros. A foz do rio Itacaiunas encontra-se no município de Marabá, onde deságua na margem esquerda do rio Tocantins. A região apresenta paisagens diversificadas, com características fisiográficas marcadas por variações de relevo, tipos de vegetação, solos e condições climáticas que influenciam diretamente o uso e a ocupação do solo (SILVA; PIMENTEL; ARAUJO, 2022).

O recorte espacial da BHRI está situado aproximadamente entre  $-5.16^{\circ}$  e  $-7.23^{\circ}$  de latitude Sul e  $-51.40$  e  $-48.62$  de longitude Oeste, estando georreferenciada no Sistema SIRGAS 2000, em graus decimais. A bacia contém área de  $41.272 \text{ km}^2$  e perímetro de  $1.157 \text{ km}$ , abrangendo unidades geomorfológicas, pedológicas e fitofisionômicas distintas, sendo considerada um território estratégico para análise geoambiental e planejamento territorial (ANA, 2014; SILVA *et al.*, 2022).

## Materiais e Métodos

As imagens utilizadas para a classificação foram obtidas a partir de um mosaico de cinco cenas Landsat 8 (sensor OLI), com resolução espacial de 30 metros, todas adquiridas em 28 de junho de 2020, correspondentes às órbitas/pontos 223/64, 223/65, 224/64, 224/65 e 225/64. O mosaico foi montado no software QGIS, com posterior recorte conforme os limites da BHRI e reprojeção para o sistema SIRGAS 2000.

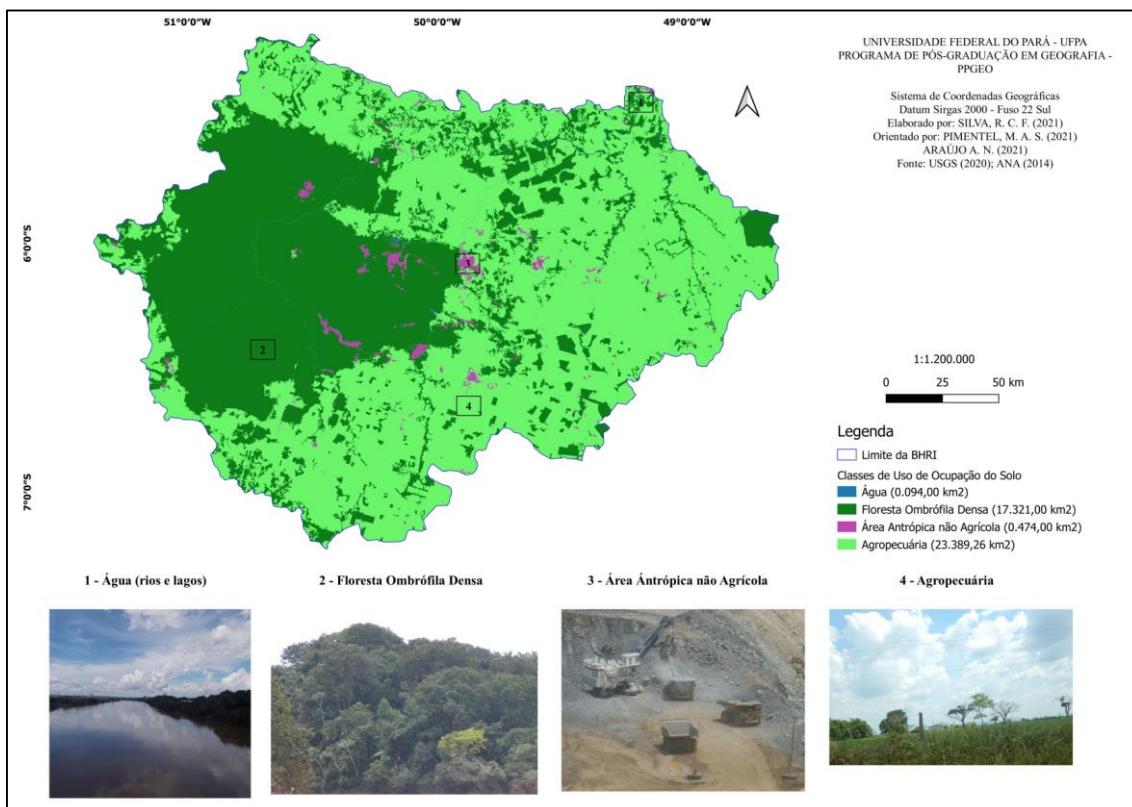
A partir desse mosaico, procedeu-se à classificação supervisionada baseada em objetos (OBIA) no software eCognition Developer 64, técnica que permite agrupar pixels em segmentos para posterior classificação supervisionada (BLASCHKE, 2010). Foi aplicado o algoritmo de máxima verossimilhança, amplamente reconhecido por sua precisão em ambientes multiespectrais (MATHER; TSO, 2009).

O processamento final e vetorização foram realizados no QGIS. O método seguiu procedimentos estabelecidos em Florenzano (2002); Câmara e Monteiro (2001) sobre análise geoespacial e SIG.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa primeira etapa, foi realizada a classificação de uso e cobertura da terra, sendo possível analisar as alterações atuais na cobertura de vegetação na BHRI provocadas pelos processos naturais e antrópicos (Figura 2).

Figura 2 – Uso e Ocupação Terra da BHRI.



A tabela 1 quantifica as classes de uso da terra e os valores de área e percentagem com relação à BHRI.

Tabela 1 – Classes de Uso e Cobertura da Terra e respectivos valores da BHRI

Classe (2020)	Área (Km <sup>2</sup> )	(%) na BHRI
Água	0,094	0,228
Floresta Ombrófila Densa	17.321	41,934
Área Antrópica não Agrícola	0,474	1,147
Agropecuária	23.389	56,625

Dessa forma, a água configura-se como um dos principais elementos analisados em estudos de bacias hidrográficas. No mapa de uso e ocupação da BHRI, a classe “água” compreende uma área de 0,094 km<sup>2</sup> (0,228%), representada principalmente pelo rio Itacaiunas e seus tributários, além de lagos de médio e grande porte existentes em propriedades rurais. Esses corpos hídricos foram identificados a partir da resolução espacial das imagens de satélite utilizadas.

A classe floresta ombrófila densa ocupou uma área estimada de 17.321,00 km<sup>2</sup> (41,934%), distribuída de forma fragmentada por toda a bacia, especialmente ao longo de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e em reservas legais de mata nativa. Destaca-se a alta concentração dessa cobertura na região da Serra dos Carajás, onde se encontra um complexo de Unidades de Conservação (UCs) de distintas categorias de manejo, como a Floresta Nacional de Carajás, a FLONA do Tapirapé-Aquiri, a Reserva Biológica do Tapirapé, a Área de Proteção Ambiental (APA) do Igarapé Gelado, a Reserva Indígena Xikrin do Cateté e a Floresta Nacional de Itacaiunas. Segundo Rolim *et al.* (2006), esse conjunto forma um bloco contíguo de aproximadamente 1,31 milhão de hectares (13.100 km<sup>2</sup>).

A classe área antrópica não agrícola, com 0,474 km<sup>2</sup> (1,147%), refere-se a superfícies significativamente modificadas pela ação humana, incluindo áreas urbanizadas, vias pavimentadas e solo impermeabilizado. Esses espaços se destacam nos perímetros urbanos de municípios como Parauapebas, Canaã dos Carajás, Eldorado dos Carajás, Curionópolis e Marabá. Nessa classe, incluem-se também áreas degradadas por mineração, associadas a grandes projetos como o Projeto Grande Carajás (PGC), iniciado na década de 1960 e operado majoritariamente pelo Grupo Vale. Conforme Berni (2009); Costa (2007); Silva e Villas (1998), a região abriga a Formação Carajás, rica em minérios como hematita, martita, calcopirita, bauxita, manganês, níquel, cassiterita e ouro.

A agropecuária corresponde à maior porção mapeada, com 23.289,26 km<sup>2</sup> (56,625%), evidenciando sua expressiva expansão sobre áreas anteriormente cobertas por vegetação nativa. De acordo com Lau (2006), a pecuária bovina teve início no Brasil no século XVI, acompanhando os eixos da mineração, e se espalhou por grande parte do território. No estado do Pará, essa atividade atualmente ocupa o terceiro lugar em faturamento, gerando cerca de R\$ 2,7 bilhões anuais, sendo a principal atividade econômica em 51% dos municípios paraenses.

A interferência antrópica, tanto em áreas urbanas quanto rurais da BHRI, é marcada pelo uso intensivo do solo e pela progressiva supressão da cobertura vegetal. A expansão urbana, a mineração e a agropecuária são os principais vetores dessa transformação. Tais fatores atuam como dinamizadores dos sistemas ambientais da bacia, cujos componentes físico-naturais e socioeconômicos interagem de maneira complexa. Diante disso, ressalta-se a urgência da elaboração de um plano integrado de gestão ambiental para a BHRI, que leve em consideração sua diversidade ecológica e os impactos do uso do solo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiunas (BHRI) revelou um cenário marcado pela significativa transformação da paisagem natural, em grande parte associada às atividades agropecuárias, à expansão urbana e aos empreendimentos de mineração. A partir da classificação de imagens Landsat 8 e do uso de técnicas de geoprocessamento, foi possível identificar e quantificar as principais classes de uso do solo, permitindo a construção de um diagnóstico espacial com elevado grau de precisão.

Os resultados demonstraram que a agropecuária constitui a classe dominante na bacia, refletindo o avanço das frentes de ocupação sobre áreas originalmente cobertas por floresta ombrófila densa. Ainda que a vegetação nativa ocupe uma parcela expressiva da área total, sua distribuição é

bastante fragmentada e concentrada em unidades de conservação da Serra dos Carajás, o que evidencia a pressão antrópica sobre os recursos naturais em grande parte da BHRI. As áreas antrópicas não agrícolas, embora menos extensas, representam zonas de forte impacto, associadas à urbanização e à mineração.

Diante desse panorama, torna-se evidente a necessidade de políticas públicas que promovam o ordenamento territorial e o uso sustentável do solo, com base em dados técnicos e científicos. A aplicação das geotecnologias mostrou-se eficaz como ferramenta de suporte à gestão ambiental da bacia, permitindo monitorar padrões espaciais de ocupação e subsidiar ações de mitigação dos impactos antrópicos. Recomenda-se, portanto, o fortalecimento de estratégias integradas de planejamento e conservação, sobretudo em áreas críticas da bacia, visando à preservação dos recursos hídricos, da vegetação remanescente e da qualidade ambiental como um todo.

Apesar de o classificador de Máxima Verossimilhança apresentar bom desempenho teórico em ambientes multiespectrais (MATHER; TSO, 2009), não foi realizada validação quantitativa (matriz de confusão/κ). Essa limitação deve ser suprida em trabalhos subsequentes, a fim de garantir a confiabilidade dos diagnósticos.

## AGRADECIMENTOS

Ao apoio institucional do programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO/UFPA).

## REFERÊNCIAS

- BERNI, G.V. *Geologia e alteração hidrotermal do depósito de Au-PGE de Serra Pelada, Curionópolis, Pará*. 2009. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 22 Dez 2009
- BLASCHKE, T. “Object based image analysis for remote sensing”. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 65, n. 1, p. 2–16, 2010.
- CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. *Conceitos básicos em Ciência da Geoinformação*. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. (Org.). *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. p. 7–41. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- COSTA, L.P. *Caracterização das seqüências metavulcanossedimentares da porção leste da Província Mineral Carajás (PA)*. 2007. 195 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/MPBB-7ETPMU>. Acesso em: 01 jun, 2022.
- CRUZ, F.M. *Avaliação geoambiental e hidrológica da bacia do rio Itacaiunas, PA*. 2010. 179 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará; Museu Paraense Emílio Goeldi; EMBRAPA, Belém, 2010. Disponível em: [http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/10980/1/Dissertacao\\_AvaliacaoGeoambientalHidrologica.pdf](http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/10980/1/Dissertacao_AvaliacaoGeoambientalHidrologica.pdf). Acesso em: 01 set. 2024.
- FLORENZANO, Teresa Gallotti. *Imagens de satélite para estudos ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97 p.

LAU, H.D. *Pecuária no estado do Pará: índices, limitações e potencialidades*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.

MATHER, P. M.; TSO, B. *Classification Methods for Remotely Sensed Data*. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. 376 p. ISBN 978-1420090727. DOI: 10.1201/9781420090741.

RODRIGUEZ, J.M.M.; SILVA, E.V. *Planejamento e gestão ambiental: subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica*. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M.; FRANÇA, J. T. “*Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA)*”. *Acta Amazonica*, v. 36, n. 1, p. 107–114, 2006.

SILVA, R.C.F. *Análise da Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiunas (BHRI): subsídio ao planejamento ambiental*. 2021. 220 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2021.

SILVA, R.C.F.; PIMENTEL, M.A.S.; ARAÚJO, A.N. “*Caracterização morfométrica e geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiunas (BHRI), Amazônia Oriental, Brasil*”. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 15, n. 3, p. 1556–1563, 2022.

SILVA, R.C.F.; PIMENTEL, M.A.S.; ARAÚJO, A.N.; VIDAL, M. R. “*Análise da rede de drenagem e geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiunas (BHRI)*”. In: *SIMPÓSIO NACIONAL DE MECÂNICA DOS FLUIDOS E HIDRÁULICA*, 1., 2022, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto: UFOP, 2022. p. 1–9.

SILVA JÚNIOR, R.O.; QUEIROZ, J.C.B.; FERREIRA, D.B.S.; TAVARES, A.L.; SOUZA-FILHO, P.W.M.; GUIMARÃES, J.T.F.; ROCHA, E.J.P. “*Estimativa de precipitação e vazão médias para a Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiunas (BHRI), Amazônia Oriental, Brasil*”. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 05, p. 1638-1654, 2017.

SILVA, C.M.G.; VILLAS, R.N. *The Águas Claras Cu-sulfide ± Au deposit, Carajás region, Pará, Brazil: geological setting, wall-rock alteration and mineralizing fluids*. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 315–326, 1998.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. *Landsat 8 (OLI)* Data. Disponível em: <https://landsat.usgs.gov>. Acesso em: 20 ago. 2020.