SciELO Preprints

Estado da publicação: O preprint não foi publicado em outro meio.

# Mudanças recentes de uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica amazônica: o caso do igarapé Santos, Tucuruí - sudeste paraense (Amazônia Oriental)

Maamar El Robrini, Rafael Oliveira da Silva

https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

Submetido em: 2026-09-15
Postado em: 2026-09-15 (versão 1)
(AAAA-MM-DD)

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

# Mudanças recentes de uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica amazônica: o caso do igarapé Santos, Tucuruí - sudeste paraense (Amazônia Oriental)

*Recent changes on land use and occupation in an amazon hydrographic basin: the igarapé Santos case, Tucuruí – southeast paraense (Eastern Amazon)*

*Cambios recientes en el uso y ocupación de la tierra en una cuenca hidrográfica amazónica: el caso de la quebrada de Santos, Tucuruí - sudeste de Pará (Amazonia Oriental)*

Maamar El Robrini
Universidade Federal do Pará, Belé,. PA, Brasil.
https://orcid.org/0000-0001-7850-1217
robrini@ufpa.br

Rafael Oliveira da Silva
Universidade Federal do Pará, Belé,. PA, Brasil.
https://orcid.org/0000-0002-4728-2493
rafaelosilva21@gmail.com

DOI: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397
URL: https://revistas.usp.br/geousp/pt_BR/article/view/235397

Recebido em: 11-07-2025
Aceito em: 15-05-2026

Editor do artigo: Fernando Villela

*Resumo*

O artigo analisa as mudanças espaço-temporais da cobertura e uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Igarapé Santos por meio da classificação digital. A metodologia seguiu as seguintes etapas: aquisição de dados vetoriais,processamento dos dados e mapas de pedologia, geologia e geomorfologia; avaliação das áreas degradadas no perímetro da bacia incluindo

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

dados de classes dos mapas (1990 a 2020) e a evolução antrópica ao longo destes períodos (sobreposição ponderada de classe dos mapas). A área urbanizada aumentou gradualmente nos anos analisados, evidenciando a heterogeneidade da paisagem. A dinâmica do uso e cobertura do solo estão baseadas na consolidação das áreas urbanizadas, uma vez que a área urbana aumentou de tamanho, restando apenas pequenos mosaicos fragmentados de vegetação florestal. Nas áreas rurais, constatou-se um progressivo aumento das áreas de floresta nativa, refletindo o cumprimento das políticas públicas municipais previstas na Política Municipal de Meio Ambiente e Recursos Naturais.

*Palavras-chave:* Dinâmica da paisagem; Geotecnologias; Urbanização; Bacia hidrográfica.

*Abstract*

The article analyzes the space-time changes in the coverage and land use and occupation from Igarapé Santos watershed through digital classification. The methodology followed the following steps: vector data acquisition and dataprocessing and the pedology, geology and geomorphology maps; degraded areas evaluation in the basin perimeter, including maps class data (1990 to 2020) and the anthropic evolution over theperiods (weighted overlapping of maps class). The urbanized area gradually increased in the analyzed years, highlighting the landscape heterogeneity. The use and cover land dynamic are based on the urbanized areas consolidation, since the urban area increased in size, remaining only small fragmented mosaics of forest vegetation. In rural areas, it was observed a progressive increase in native forest areas, reflecting the municipal public policies compliance provided in the Environment and Natural Resources Municipal Policy.

*Keywords:* Landscape dynamics, Geotechnologies, Urbanization, Watershed.

*Resumen*

Este artículo analiza los cambios espacio-temporales de la cobertura y uso y ocupación del suelo en la cuenca hidrográfica del Igarapé Santos, utilizando clasificación digital. La metodología siguió los siguientes pasos: adquisición dedatos vectoriales, procesamiento de datos y mapas de edafología, geología ygeomorfología; evaluación de las áreas degradadas en el perímetro del cuenca incluyendo datos de clase de los mapas (1990 a 2020) y evolución antrópica a lo largo de estos períodos (superposición de clases ponderadas de los mapas). La superficie urbanizada aumentó gradualmente en los años analizados, lo que pone de manifiesto la heterogeneidad del

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

paisaje. La dinámica de los usos y coberturas del suelo se basa en la consolidación de las áreas urbanizadas, a medida que el área urbana aumentó de tamaño, dejando sólo pequeños mosaicos fragmentados de vegetación forestal. En las áreas rurales, se observó un aumento progresivo de las áreas de bosque nativo, reflejando el cumplimiento de las políticas públicas municipales establecidas en la Política Municipalde Medio Ambiente y Recursos Naturales.

*Palabras clave:* Dinámica del paisaje; Geotecnologías; Urbanización; Cuencas hidrográficas.

*Introdução*

As transformações na paisagem podem, ou não, ser condicionadas pelas intervenções do homem, considerando que essas modificações são produtos da interação entre elementos naturais e suas permanentes alterações (FURTADO *et al*., 2020). Muitas dessas mudanças ocorridas em outrora propiciam processos atuais, principalmente, relacionados à degradação do meio ambiente (FURTADO *et al*., 2020). Diante desta perspectiva, os estudos que correlacionam a descrição da cobertura da terra, seus diferentes usos e manejos são relevantes para compreender a intensidade e os tipos de mudanças em determinadas áreas (SEABRA e CRUZ, 2013; TREVISAN, 2017).

Segundo Rosa *et al*. (2017), a importância em compreender as mudanças espaço-temporais e os impactos ambientais provenientes delas é essencial para o alcance do equilíbrio dos sistemas naturais e a utilização sustentável dos seus recursos. Diante disso,a comunidade científica e a gestão governamental, ainda consideram o uso de geotecnologias, como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, o meio mais eficazde monitorar as alterações do meio ambiente (MATIELLO *et al*., 2017).

As atividades antrópicas contribuem direta e indiretamente para a impermeabilização do solo, possibilitando o escoamento superficial das águas e provocando acúmulo de sedimentos e resíduos em fundo de vales, reduzindo a recarga de aquíferos, causando o assoreamento dos rios e lagos (VANZELA *et al*., 2010; LEITE e FERREIRA, 2013).

Segundo Matos *et al.* (2011), o crescimento populacional requer novos espaços, seja para moradia ou outras atividades o que vem provocando a ocupação de regiões ambientalmente sensíveis. Atividades não planejadas geram impactos negativos ao meio ambiente e esse se torna hostil à vida humana. A solução ou a mitigação desses problema passa por um processo de planejamento do uso e ocupação do solo.

Além disso, a realidade amazônica apresenta diversos igarapés no espaço urbano (PIMENTEL *et al*., 2021). Nesses ambientes os córregos de pequeno porte sofrem os impactos de forma mais

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

intensa, visto que a malha urbana se torna uma fonte difusa de poluição atingindo o corpo hídrico de forma abrangente (PIMENTEL *et al*., 2021). Por esse motivo, as micro bacias hidrográficas (BH) urbanizadas carecem maior atenção nosprocessos de gestão dos recursos hídricos.

O Brasil apresentou um intenso processo de urbanização, na segunda metade do século XX, impulsionado pela industrialização e consequente êxodo rural. Além disso, as transformações do espaço da cidade, decorrentes de ação de seus agentes, tornam-se cada vez mais dinâmicas e em um período de tempo menor (MENEGASSO *et al*., 2019). De acordo com Maricato (2013), foi necessário um movimento de construção de cidade, indispensável para o assentamento residencial da população, onde o território passa a ser ocupado e expandido, a fim de atender às necessidades de renda, transporte, saúde, saneamento básico e educação dos habitantes das áreas urbanas.

Kaliski *et al*. (2010), afirmam que no mundo contemporâneo, analisar a dinamicidade da sociedade no espaço geográfico e as relações que o homem mantém como mesmo torna-se de extrema importância em estudos de planejamento e monitoramentodo espaço, tendo em vista algumas inquietações surgidas nas últimas décadas relacionadas ao uso sustentável dos recursos naturais. Algumas formas de uso e exploração dos recursos naturais podem causar desequilíbrio ecológico gerando degradação do meio ambiente. Fenômenos naturais, como erosão e inundação, podem ser potencializados por ações antrópicas. A derrubada de vegetação nativa, por exemplo, pode acelerar os processos erosivos.

Segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº9433 de 1997, as BH´s são as principais unidades de planejamento ambiental e gerenciamento territorial. Deste modo, devem ser definidos seus limites e perímetro, para a identificação dos principais problemas, potencialidade ou necessidades que possibilitem um melhor conhecimento da real situação dos recursos hídricos (RODRIGUES *et al.*, 2018).

Diante do exposto, o presente estudo buscou analisar as mudanças espaço-temporais da cobertura e uso da terra da BH do Igarapé Santos por meio da classificaçãodigital para o período de 1990 a 2020. A finalidade foi visualizar o avanço da degradaçãodas áreas e entornos, mediante as intervenções antrópicas e o não cumprimento das políticas públicas previstas na legislação ambiental.

*Área de Estudo*

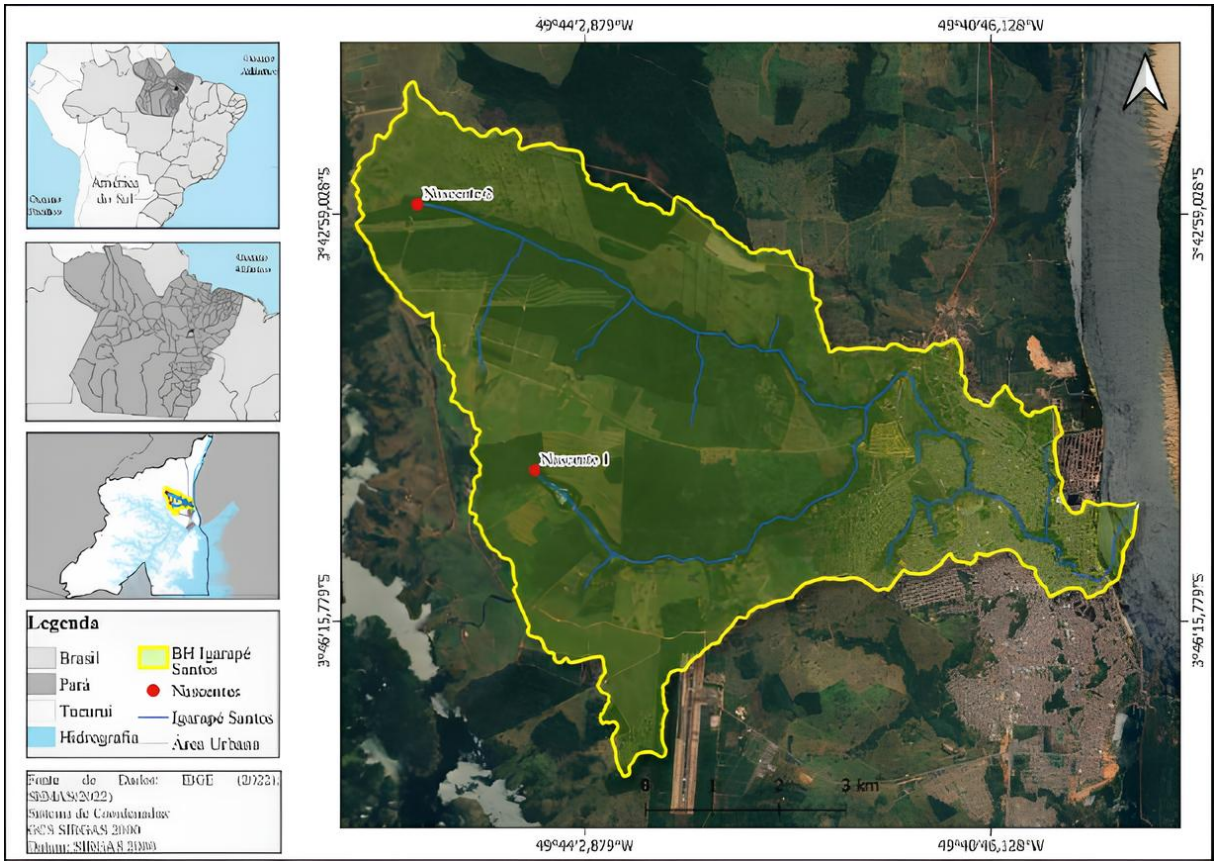
O município de Tucuruí está localizado no sudoeste paraense, situado a 39 m de altitude (3° 46'

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

10" Sul e 49° 40' 27" Oeste), perfazendo uma extensão de 2086,2 km² (IBGE, 2010). A cidade se localiza as margens do lago artificial causado pela construção da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (UHT), e possui em seus territórios várias sub-bacias etributários da região hidrográfica Tocantins-Araguaia (IBGE, 2010; TUCURUÍ, 2006).

A BH do Igarapé Santos é delimitada entre as seguintes coordenadas geográficas: 3º44'33.10" S e 49º41'17.22" W. Esta BH possui duas nascentes, sendo a nascente 1 (3º45'06.83" S e 49º43'44.34" W) e nascente 2 (3º43'19.00" S e 49º45'23.14"W) (Figura 1).

*Figura 1.* Localização da BH do Igarapé Santos e suas nascentes no município deTucuruí.




*Fonte:* Autores (2023).

*Caracterização*

O clima da região em estudo é caracterizado como Equatorial ameno Úmido (Eq´eam),possui baixa amplitude térmica e com índices pluviométricos significativos ao longo do ano, por meio da influência dos ventos alísios do oceano Atlântico Norte e a contribuiçãoda evapotranspiração da floresta equatorial amazônica (NOVAIS e MACHADO, 2023; REBOITA *et al.*, 2010; SATYAMURTY *et al.*, 2013).

O regime de chuvas (2000-2021) possui variações ao longo dos meses, onde as chuvas estão

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

presentes no 1º semestre com destaque para o mês de março (456 mm) e menor índice no mês de maio (229 mm), finalizando o período chuvoso. No 2º semestre, há uma queda no regime pluviométrico (período de estiagem), sendo o mês de agosto (34 mm) o menos chuvoso e novembro (115 mm) demonstrando o período de transição ondeo volume de chuvas vem crescendo substancialmente (SILVA *et al*., 2022).

A temperatura registrou valor máximo, médio e mínimo de 37,6 ºC (agosto), 30,6ºC (novembro) e 27 ºC (abril) em 2021 (INMET, 2021), classificando esta região em subdomínio semiúmido, com 6 meses e Zona Climática Tórrida (muito quente). A região é consideravelmente úmida e, com índices de umidade na ordem de 35 % (agosto a dezembro) a 100 % (janeiro a julho) durante La Niña (2021). Entretanto, o vento apresenta velocidade média de 0,39 m/s, mínima e máxima de 0,1 m/s e 5,9 m/s, respectivamente.

Quanto a cobertura vegetal, a formação de Floresta Ombrófila (vegetação amazônica de maior expressão) representa aproximadamente 29 % da área de estudo.

*Materiais e Métodos*

O processo temporal de impactos ambientais sobre a BH do Igarapé Santos foi realizado por meio do auxílio das técnicas de geotecnologias e do processamento digital de imagens de satélite (Copernicus DEM).

Para a aquisição e processamento dos dados, os mapas de pedologia, geologia e geomorfologia da área de estudo, foram adquiridos em dados vetoriais a partir do banco de dados disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Estes dados foram processados, recortados de acordo com a área de estudo, utilizando-se o comando “clip” do QGIS para identificar as classes de cada mapa.

Para a avaliação das áreas degradadas no perímetro da BH, utilizou-se os dados disponibilizados na plataforma de Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomas) referente aos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020. As imagens foram processadas, mediante uso de *software* QGIS 3.22 destacando o perímetro da respectiva BH.

Desta forma, para a obtenção das áreas degradadas, foi realizada a sobreposição ponderada de classe dos mapas demarcando as áreas identificadas com a finalidade de estabelecer a real dimensão das áreas já suprimidas de vegetação, possibilitando oentendimento sobre a questão da relação do avanço populacional com a degradação ambiental na localidade.

As interpretações de imagens de satélite foram trabalhadas para identificar as modificações na área correspondente à delimitação da BH ao longo dos períodos de 1990, 2000, 2010 e 2020 as suas respectivas reestruturações. A finalidade foi visualizar o avanço da degradação das áreas

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

e entornos, mediante as intervenções antrópicas e o não cumprimento das políticas públicas previstas na legislação.

Dados relacionados à expansão populacional no município de Tucuruí,disponíveis em sites governamentais como o IBGE, site da prefeitura municipal, serviram de apoio informacional, como comparativos em períodos distintos para uma análise temporal da relação do aumento da população, crescimento urbano, interferências sobre o meio ambiente e as leis que regulamentam a ocupação e uso dos recursos hídricos.

Todos os dados apurados serviram como norte para evidenciar a expansão urbanacom o uso e ocupação do solo da BH do Igarapé Santos.

*Resultados e Discussão*

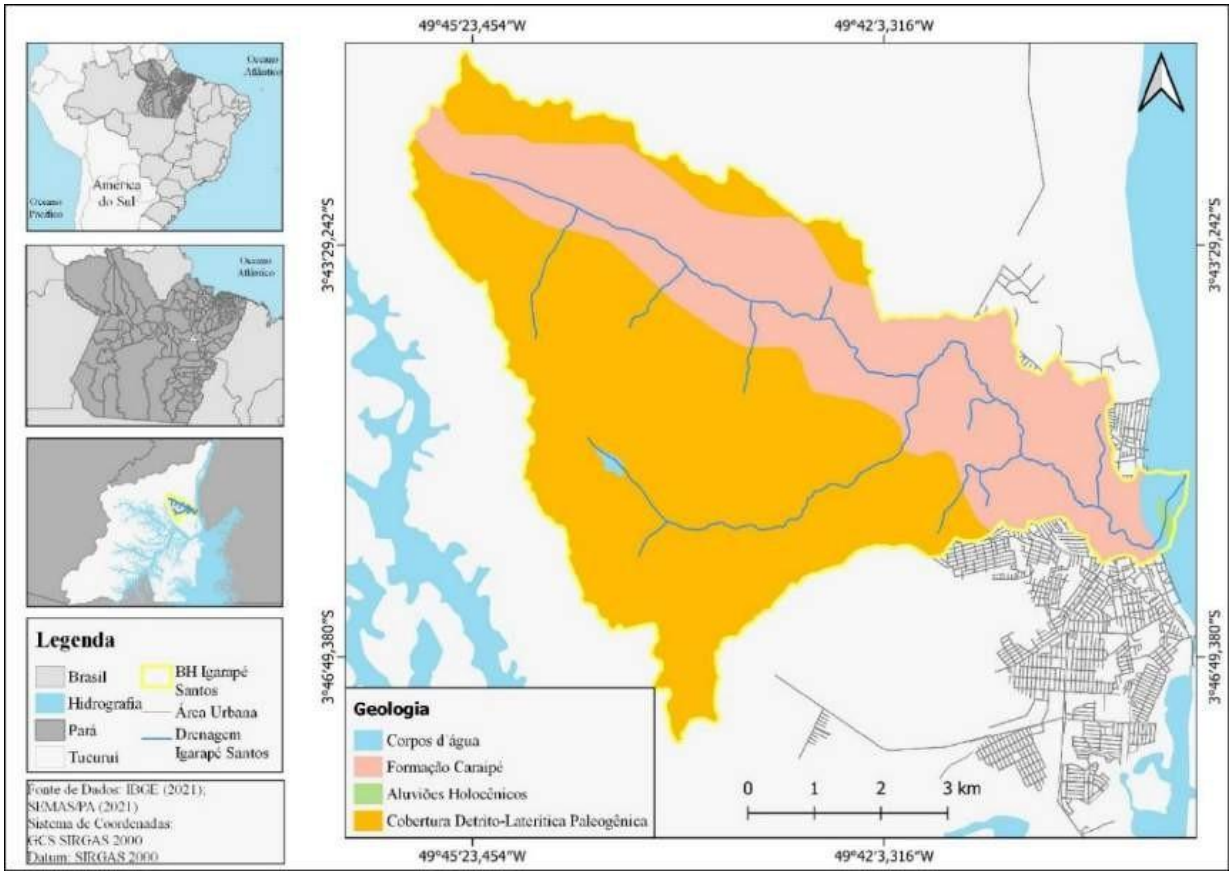
A BH do Igarapé Santos está assentada sobre a cobertura detrito-laterítica (Paleogeno), Caraipé e os aluviões (Holoceno) (Figura 2). A cobertura detrito-laterítica (Paleogeno) predomina (61,16 %) e está localizada nas porções noroeste e sudoeste da BH do Igarapé Santos ocupando uma área de 31,43 km².

Segundo Jesus *et al*. (2019), essa formação geológica é caracterizada por constituir argilominerais, além de possuir em sua camada superior, solos argilo-arenosos. Para Agra e Andrade (2020), esta cobertura é composta por paleossolos, que se resumem em solos formados em condições no passado, caracterizando uma suscetibilidade a movimentos de massa bem significante.

A formação Caraipé possui índice de cobertura de 37,50 % o que representa uma área de 19,27 km², estando localizada na porção central da área de estudo (Tabela 1).

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

*Figura 2.* Geologia da BH do Igarapé Santos.




*Fonte:* Autores (2023).

*Tabela 1.* Formações geológicas da BH do Igarapé Santos

| Classe | Área (Km²) | Percentual de cobertura da classe (%) |
|---|---|---|
| Aluviões Holocênicos | 0,09 | 0,17 |
| Cobertura Detrito-Laterítica Paleogênica | 31,43 | 61,16 |
| Corpo d´água continental | 0,60 | 1,18 |
| Formação Caraipé | 19,27 | 37,50 |
| Total | 51,39 | 100% |

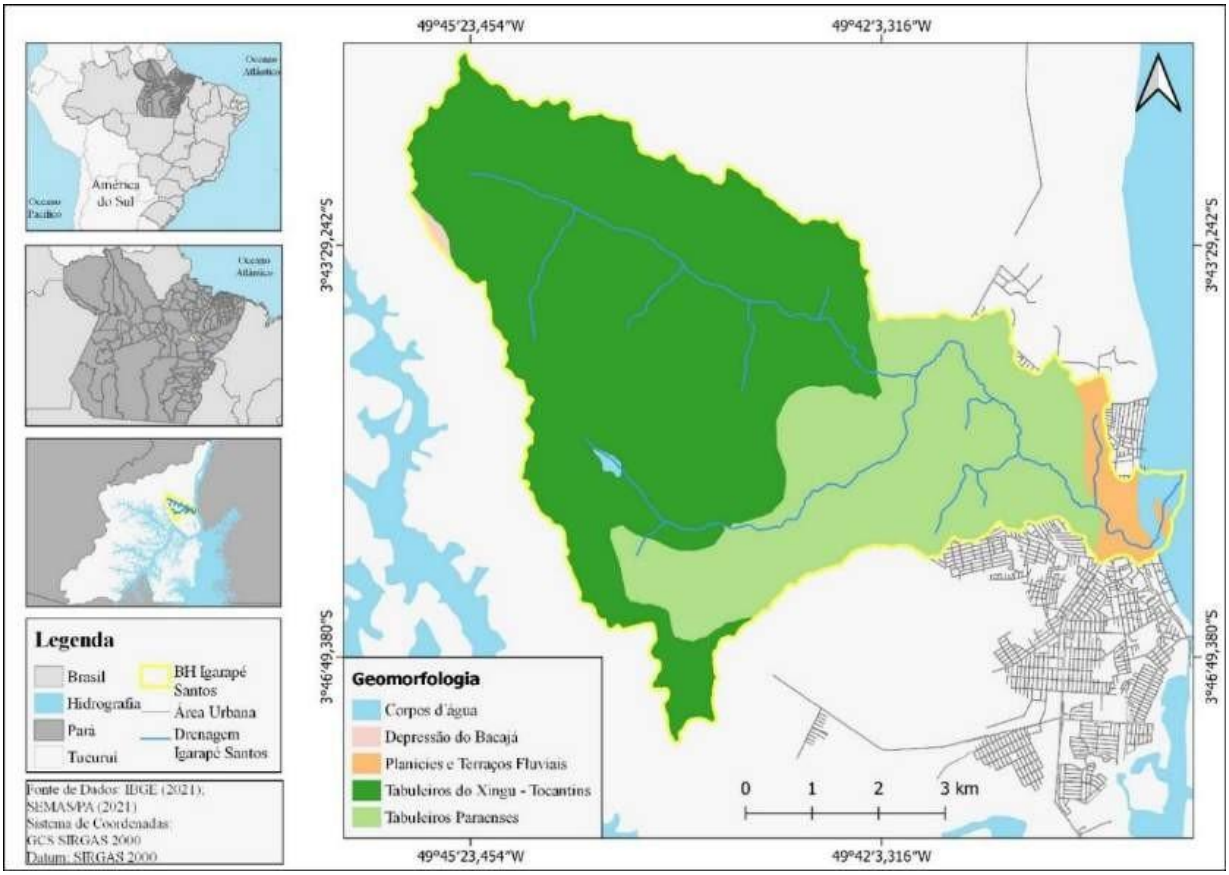
*Fonte:* Adaptado de IBGE (2021).

Os aluviões (Holoceno) são constituídos por sedimentos inconsolidados, representados por areias (maior parte), com níveis de cascalhos, lentes silto-argilosas e turfa, o que determina estas áreas com intensas vulnerabilidades à erosão. Nesta mesma unidade, ocorrem falhas, aumentando o grau de suscetibilidade aos movimentos de massa (AGRA e ANDRADE, 2020). Na BH do Igarapé Santos, esta formação representa uma área de 0,09 km² (0,17 %).

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

A geomorfologia da BH do Igarapé Santos é constituída principalmente pelos Tabuleiros do Xingu-Tocantins (32,61 km²) e Tabuleiros Paraenses (16,50 km²), (Figura3). Segundo Soares e Moura (2021), os Tabuleiros do Xingu-Tocantins representam unidades geomorfológicas colmatadas em contato com a Planície Amazônica, bordejada por terrenos de altimetria intermediária.

*Figura 3.* Geomorfologia da BH do Igarapé Santos.




*Fonte:* Autores (2023).

Ainda, menores unidades geomorfológicas podem ser encontradas na área de estudo, como: planícies e terraços fluviais (1,54 km²) e depressão do Bacajá (0,14 km²) (Tabela 2).

*Tabela 2.* Unidades geomorfológicas da BH do Igarapé Santos.

| **Classe** | **Área (Km²)** | **Percentual de cobertura da classe (%)** |
|---|---|---|
| Corpo d´água continental | 0,60 | 1,18 |
| Depressão do Bacajá | 0,14 | 0,27 |

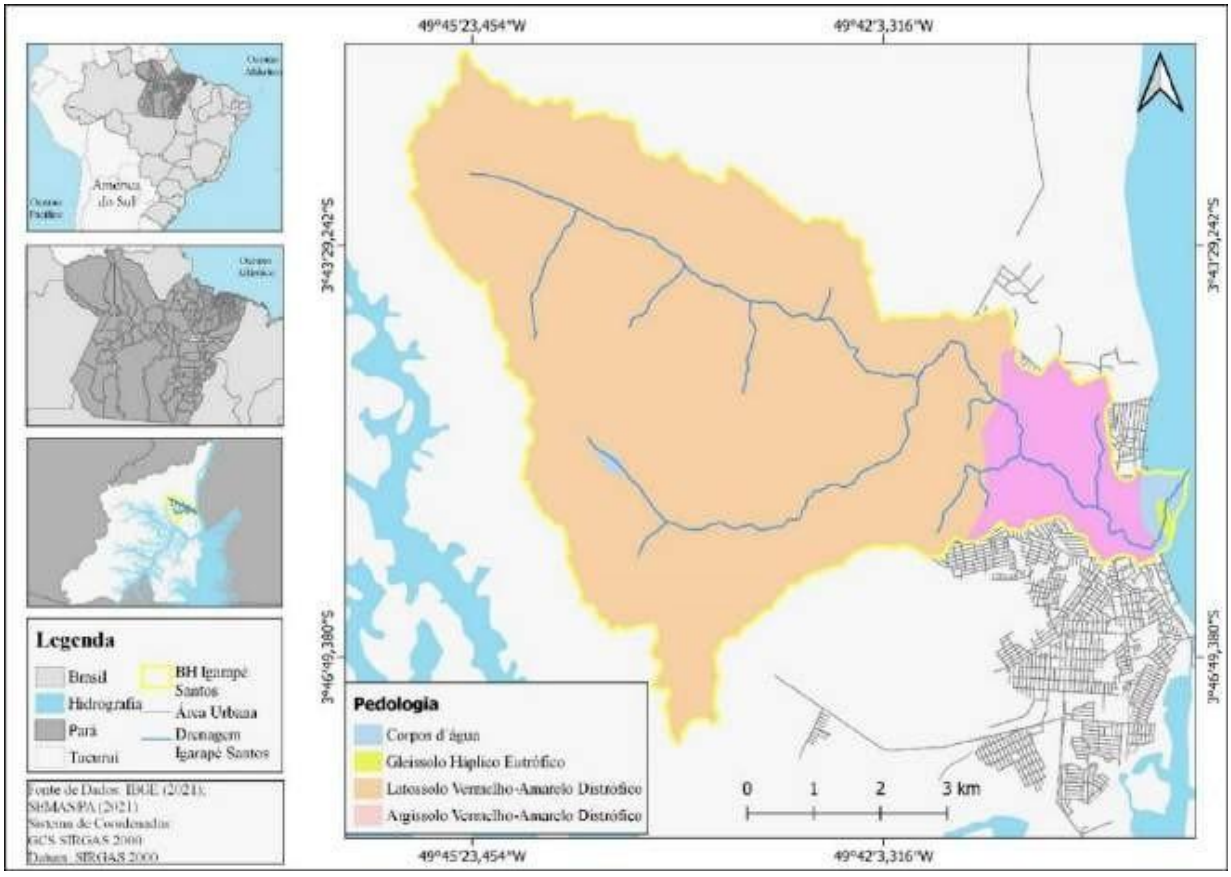
SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

| | | |
|---|---|---|
| Planícies e TerraçosFluviais | 1,54 | 3,01 |
| Tabuleiros do Xingu – Tocantins | 32,61 | 63,46 |
| Tabuleiros Paraenses | 16,50 | 32,09 |
| Total | 51,39 | **100%** |

*Fonte:* Adaptado de IBGE (2021).

Segundo Amorim (2017), o solo é um componente ambiental complexo. Variações em suas propriedades físicas, químicas e biológicas são importantes definidoras de padrões ecológicos e do próprio uso da terra (MELO *et al*., 2010). Os solos que ocorrem na bacia do Igarapé Santos são Latossolos Vermelho-Amarelo Distróficos, a maior área com 88,64 % em uma extensão de 45,55 km²; Argissolo Vermelho-AmareloDistrófico, ocupando 10,01 % em uma extensão de 5,15 km² e o Gleissolo Háplico Ta Eutrófico, ocupando 0,17 % em uma extensão de 0,09 km² (Figura 4).

*Figura 4.* Solos da BH do Igarapé Santos




*Fonte:* Autores (2023).

Santos *et al*. (2015), afirmam que os latossolos vermelho-amarelo distróficos são solos

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

profundos, homogêneos e quimicamente pobres, o que pode ser evidenciado na BH em estudo pelo maior percentual de cobertura da classe de solos (Tabela 3).

*Tabela 3.* Classes de solos da BH do Igaraé Santos.

| **Classe** | **Área (Km$^2$)** | **Percentual de cobertura da classe (%)** |
|---|---|---|
| Corpo d'água continental | 0,60 | 1,18 |
| Gleissolo Háplico Ta Eutrófico | 0,09 | 0,17 |
| Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico | 5,15 | 10,01 |
| Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico | 45,55 | 88,64 |
| Total | 51,39 | 100% |

*Fonte:* Adaptado de IBGE (2021).

A dinâmica populacional na Amazônia está diretamente relacionada com as condições sociais e econômicas inserida nos mecanismos do modelo de produção capitalista (MOREIRA, 2014). Atualmente a estrutura urbana na Amazônia já é caracterizada pela predominância dos municípios médios, mas ainda mantêm a baixa conectividade e distribuição dispersa (CÔRTES e SILVA JÚNIOR, 2021). Num processo de convergência com os padrões nacionais, a Amazônia se torna cada vez mais um território urbano com predominância do tipo migratório urbano-urbano (CÔRTES e SILVA JÚNIOR, 2021).

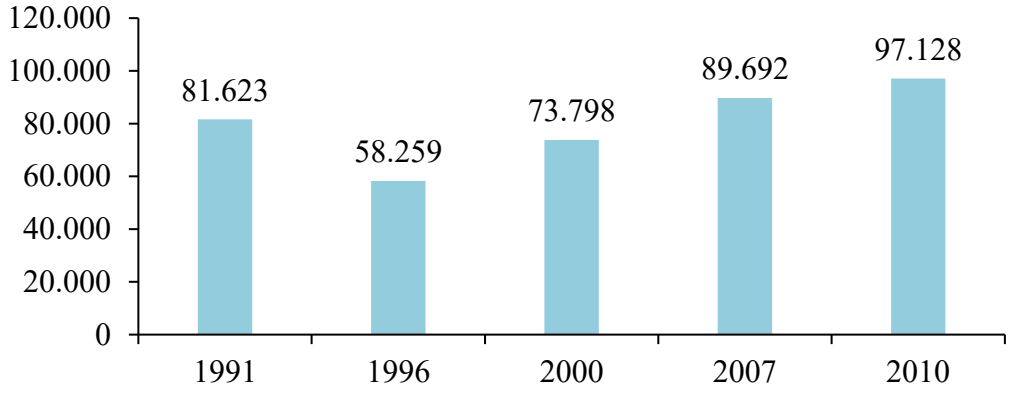
O processo de desenvolvimento econômico e social do município de Tucuruí, tem como divisor, a construção da UHE Tucuruí (MOREIRA, 2014). Para a autora, a implantação da UHE de Tucuruí provocou expressiva configuração espacial da BH do Igarapé Santos, elevando expressivamente a malha urbana da cidade a partir do aumento populacional (Fig. 5), as consequências diretas ocorreram no meio ambiente natural como nos corpos d'água.

Com o início das obras da segunda etapa da usina hidrelétrica de Tucuruí em 1998 houve uma retomada no crescimento populacional, o que pode ser verificado nos anos de 2000 a 2010 (Figura 5). Desta forma, verifica-se que todo esse incremento populacional, todavia, não foi acompanhado pela necessária ampliação da infraestrutura e serviços públicos básicos as quais

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

provocaram significativas transformações na vida dos antigos e novos residentes do município.

*Figura 5.* Evolução populacional do município de Tucuruí




*Fonte:* IBGE (2010).

Os valores absolutos para cada classe de uso e ocupação do solo nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020 da BH do Igarapé Santos estão apresentados na Tabela 4. Percebe-se que não houve variações significativas para as formações de savana, campestre, campo alagado e área pantanosa.

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

*Tabela 4.* Classes de uso e ocupação do solo da BH do Igarapé Santos (Km²)

| | **Campo** | | | | | | | | | | | | | | **Outros** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ano** | **Formação Florestal** | | **Formação de Savana** | | **Alagado e Área Pantanosa** | | **Formação Campestre** | | **Pastagem** | | **Área Urbanizada** | | **Rio e Lago** | | **Lavouras temporárias** | |
| **1990** | 11,4 | 21,98% | 0,11 | 0,21% | 0,01 | 0,02% | 0,30 | 0,57% | 35,18 | 67,83% | 4,27 | 8,23% | 0,6 | 1,16% | - | - |
| **2000** | 10,61 | 20,45% | 0,03 | 0,05% | - | - | 0,15 | 0,28% | 34,69 | 66,88% | 5,79 | 11,16% | 0,61 | 1,18% | - | - |
| **2010** | 11,83 | 22,81% | 0,02 | 0,03% | 0,01 | 0,01% | 0,16 | 0,31% | 33,05 | 63,73% | 6,19 | 11,94% | 0,6 | 1,16% | 0 | 0,01% |
| **2020** | 15,04 | 28,99% | 0,02 | 0,04% | 0 | 0,01% | 0,09 | 0,17% | 29,29 | 56,48% | 6,54 | 12,60% | 0,68 | 1,30% | 0,21 | 0,41% |

*Fonte:* Mapbiomas (2022).

O processo de transformação do uso e cobertura da terra nos últimos 30 anos pode ser analisado por meio das classes nomeadas, como: formação florestal, formação de savana, campo alagado e área pantanosa, formação campestre, pastagem, área urbanizada, corpos hídricos (rio e lago) e lavouras temporárias.

Verifica-se que a área urbanizada aumentou gradualmente nos anos analisados, o que permite evidenciar a heterogeneidade da paisagem na BH do Igarapé Santos.

Em vista disso, o estudo na BH do Igarapé Santos comprova que as dinâmicas do uso e cobertura do solo estão baseadas na consolidação das áreas urbanizadas, uma vez que ao longo de 1990 a 2020 a área urbana aumentou de tamanho, deixando apenas pequenos mosaicos fragmentados de vegetação florestal, o que também foi evidenciado no estudo proposto por Furtado *et al*. (2020) na BH do rio Murucupi (Barcarena/PA). Para os autores, uma das formas de contenção da expansão urbana desenfreada é a adoçãode políticas de ordenamento territorial, onde os interesses

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

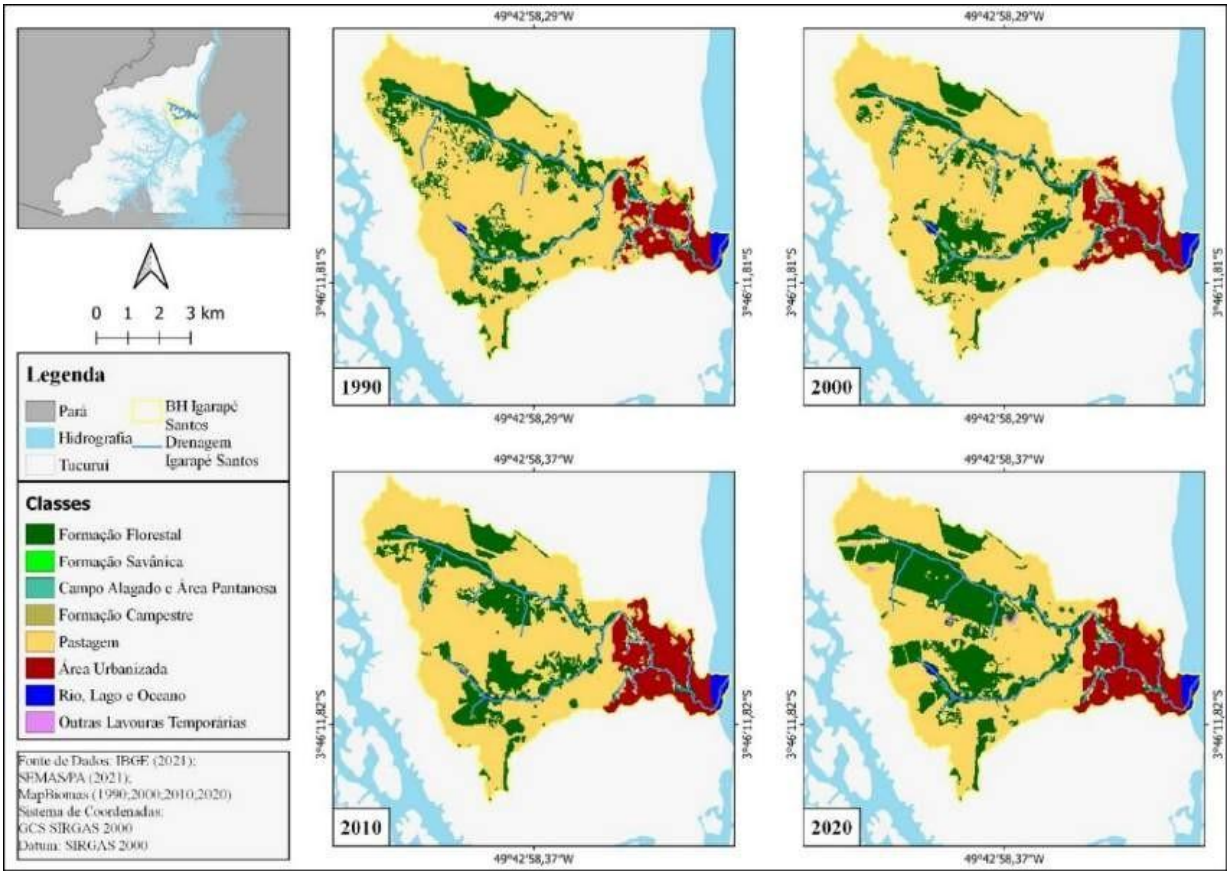
individual e empresarial coabitem com os interesses sociais, culturais e ambientais de outros grupos e da BH como um todo.

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

No entanto, apesar das modificações urbanas foi possível constatar um progressivo aumento das áreas de vegetação florestal (nativa) na área rural, refletindo o cumprimento das políticas públicas municipais previstas na Política Municipal de Meio Ambiente e Recursos Naturais (Lei nº 7.137/2006), as quais contemplam a necessidade do conhecimento das características e recursos dos meios físicos e biológicos e definição de diretrizes (TUCURUÍ, 2006).

Além disso, o Manual Técnico de Usos da Terra do IBGE (2006), classifica os diversos modos de uso e ocupação dos solos, como indústrias, plantações e agronegócio,sendo as áreas agrícolas subdivididas em culturas permanentes e temporárias (SILVA e PAULA, 2021). Na BH do Igarapé Santos, a cultura permanente de criação de gado bovino (pastagem) é a que predomina ao longo dos anos analisados, causando modificações nas classes de floresta e cursos d'água, deformando toda a paisagem da localidade. Apesar de tal predominância, a figura 6 mostra uma diminuição gradual no avanço das pastagens na análise multi-temporal (1990-2020), onde é possível observar significativos aumentos na área de vegetação natural.

*Figura 6.* Análise Multi-temporal da BH do Igarapé Santos




*Fonte:* Autores (2023).

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

O Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) em seu artigo 4º determina uma distância mínima que se deve manter das margens de um rio/igarapé, sendo 30 (trinta) m, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) m de largura (MOREIRA e TEIXEIRA, 2019). A figura 7 mostra as ocupações irregulares no entorno da BH do Igarapé Santos em área urbana, sendo evidenciado o não cumprimento das margens de proteção desta BH. Silva *et al*. (2020), também encontraram habitações irregulares nas margens da micro BH do Igarapé do Quarenta (Manaus/AM), o que reflete a ausência de políticas públicas voltadas ao planejamento urbano. Segundo Medina e Santos (2018), é preocupante que igarapés estão sofrendo grandes impactos degradáveis, que possivelmente acarretarão na morte desses ecossistemas. As principais alterações na BH do Igarapé Santos podem ser evidenciadas na área urbana, por meio da supressão vegetal e alteração na qualidade da água, o que pode ocasionar possíveis níveis graduais de erosão, assoreamento no recurso hídrico, deposição direta de efluentes domésticos, eliminação total ou parcial da fauna aquática e o aumento das doenças de veiculação hídrica, visto que a BH em estudo é fonte decaptação para o sistema de abastecimento público.

*Figura 7.* Ocupações irregulares na BH do Igarapé Santos.

A – Período chuvoso B – Período de estiagem



*Fonte:* Autores (2023).

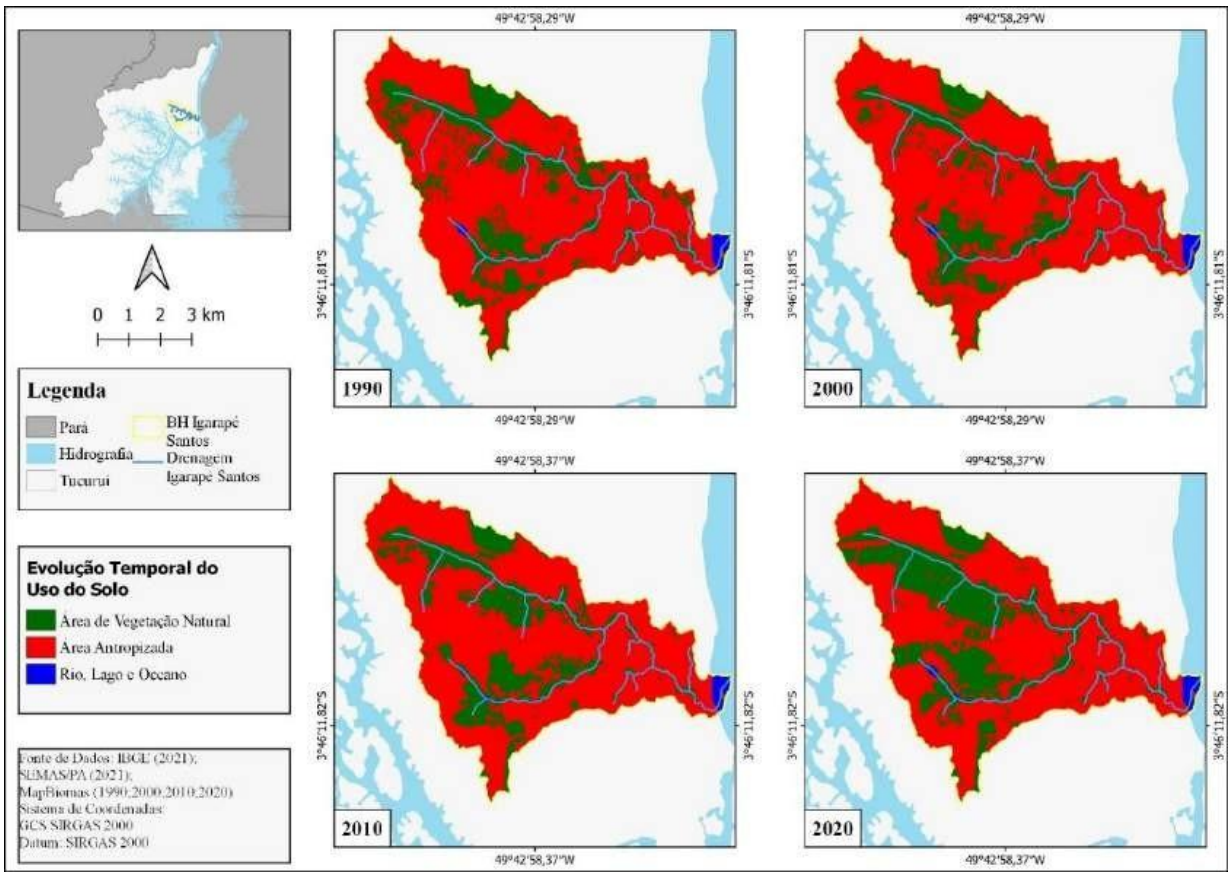
Aguiar *et al*. (2022), ao realizarem a avaliação ambiental da área de preservação permanente (APP) ao longo do Igarapé Santos, verificaram que as áreas rurais da BH em estudo estão visivelmente conservadas em sua maior parte, respeitando-se os limites determinados pela Lei Federal nº 12.651/2012, apesar da ocorrência em alguns pontos da existência de supressão

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

vegetal decorrente da ação antrópica. No entanto, os autores identificaram que enquanto se aproxima da zona urbana, a APP possui maior grau de antropismo devido à instalação de imóveis mais próximos ao leito do igarapé, assim, estando sujeita a degradação ambiental.

Sobre a evolução temporal do uso e ocupação do solo da BH do Igarapé Santospor meio da sobreposição ponderada das classes dos mapas, é possível verificar na figura 8 as áreas antropizadas nos últimos 30 anos. Nos anos 1990 e 2000, registrou-se um crescimento urbano significativo na área de estudo em virtude do avanço populacional, oque resultou na supressão vegetal decorrente das formações dos bairros Getat, Jaqueira eMatinha de forma desordenada e na zona rural com a formação de pastagens e atividadesagrícolas que modificaram a paisagem analisada.

*Figura 8.* Evolução temporal do uso do solo na BH do Igarapé Santos




*Fonte:* Autores (2023).

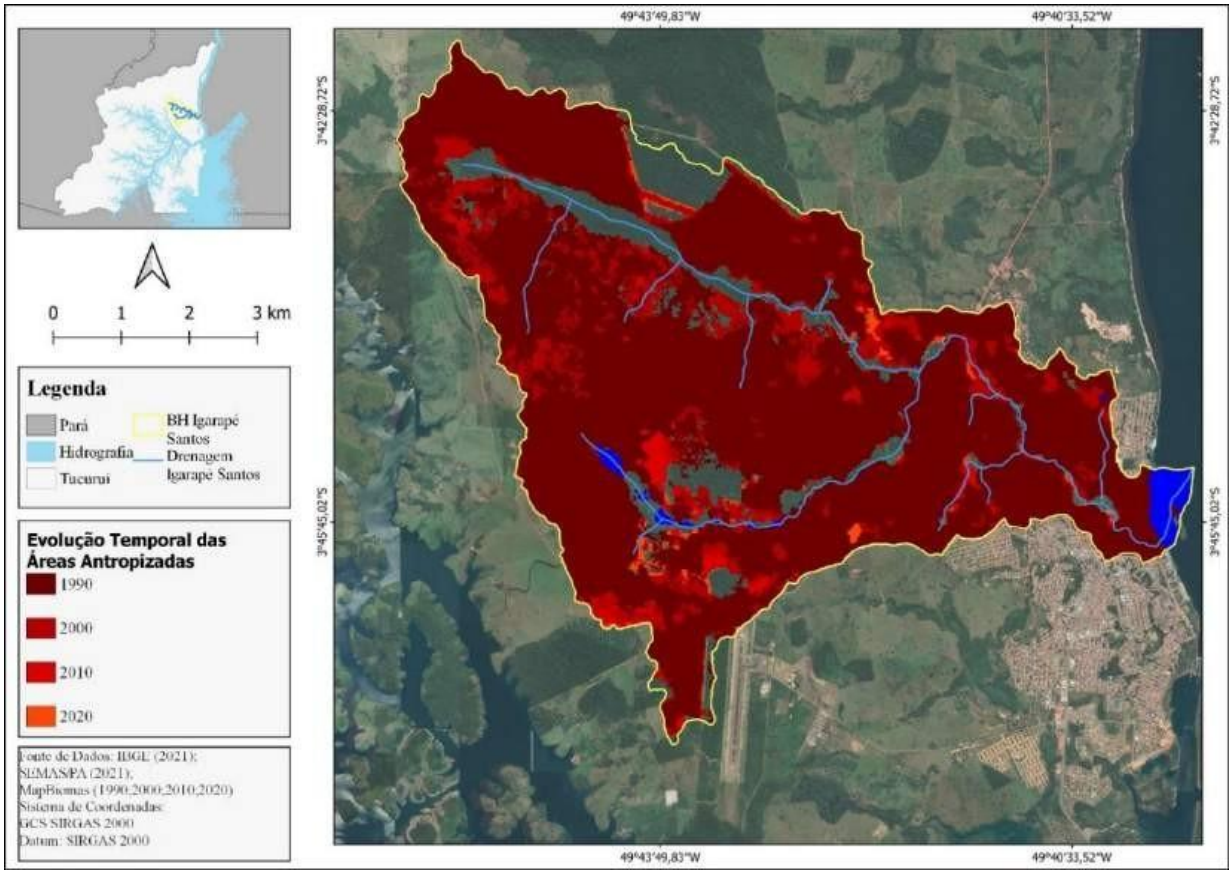
Do ponto de vista legal, com a elaboração do Plano Diretor do município de Tucuruí (Lei nº 7.145/06) e a organização do Sistema Municipal do Meio Ambiente – SISMMAT (Art. 7º da Lei 7.137/06), os anos de 2010 e 2020 registraram uma diminuição gradativa nas áreas antropizadas em virtude da recuperação das áreas degradadas por pastagens e posterior

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

formação florestal atendendo gradualmente, aos princípios, objetivos, instrumentos de ação, medidas e diretrizes estabelecidas em lei, para os fins depreservação, conservação, proteção, defesa do meio ambiente natural e melhoria do meioambiente antrópico e artificial.

Desse modo, a evolução antrópica ao longo dos períodos analisados (Figura 9),mostrou a real importância da implementação do planejamento urbano municipal, uso e ocupação do solo de forma adequada, sistematização e aplicação das políticas públicas por meio da atualização contínua e integrada da Política Municipal de Meio Ambiente e do Plano Diretor. Além do estabelecimento de programas de proteção dos recursos naturais e ambientais (em articulação com os organismos estaduais, federais, setorempresarial e organizações não governamentais), proteção das áreas de preservação permanente, unidades de conservação, reservas legais das propriedades rurais erecuperação dos mananciais hídricos.

*Figura 9.* Evolução temporal das áreas antropizadas na BH do Igarapé Santos




*Fonte:* Autores (2023).

Desta forma, verifica-se que o poder público não acompanhou as mudanças socioambientais, do território e da infraestrutura ao longo da BH do Igarapé Santos, sendoevidenciado a ausência de uma política territorial urbana voltada a conservação das APPs,uma vez que para Tenório e

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

Lima (2013), ao analisar os indicadores de eficiência do Plano Diretor do município de Tucuruí, constataram a ausência de infraestrutura e habitações apropriadas para a população, sendo essas moradias principalmente em periferias que dificultam esse planejamento, pois ocorrem em áreas de riscos e de proteção ambiental.

*Conclusão*

O crescimento populacional do município de Tucuruí, por meio da construção da usina hidrelétrica, alterou expressivamente a configuração espacial da BH do Igarapé Santos, à qual gerou um aumento na malha urbana e alterações no meio ambiente natural
como nos corpos d'água.

As metodologias da junção de sensoriamento remoto e SIG se mostraram indispensáveis para uma análise temporal detalhada do uso e cobertura do solo, auxiliandona geração de informações e dados que permitem um melhor conhecimento sobre a áreaestudada.

A classificação das imagens digitais do satélite Copernicus DEM resultou no mapeamento dos componentes de uso e cobertura do solo na BH do Igarapé Santos, sendo possível quantificar e analisar as classes predominantes de formação florestal, formação campestre, pastagem, e área urbana. A análise multi-temporal do uso e ocupação do solo nos últimos 30 anos permitiu identificar, que apesar do crescimento populacional, houveum aumento gradativo das áreas de vegetação florestal (nativa) na área rural da BH e diminuição nas áreas de cultura permanente (pastagens), refletindo o cumprimento das políticas públicas municipais previstas na Política Municipal de Meio Ambiente eRecursos Naturais. Todavia, foi possível identificar ocupações irregulares no entorno doIgarapé Santos em área urbana, sendo evidenciado o não cumprimento das margens de proteção da BH analisada.

Em virtude de tais fatos, este artigo evidenciou que o mapeamento temporal do uso e cobertura do solo se mostrou grande aliado na pesquisa, pois foi capaz de gerar dados e informações relevantes para entender a dinâmica territorial da área de estudo, servindo como base para o planejamento ambiental urbano.

Sugere-se ao poder público, às organizações e à população, a devida atenção aosprocessos de degradação, sendo necessário o controle e a ordenação do uso do solo na BH. Portanto, constitui tarefa imprescindível das autoridades: a implementação de projetos de restabelecimento da BH do Igarapé Santos em área urbana e rural com diretrizes e ações de urbanismo, saneamento ambiental, requalificação ambiental eresponsabilidade de todos: na conservação dos recursos hídricos e do solo, para que se possa garantir maiores níveis de salubridade ambiental para os atuais e futuros habitantesdo município de Tucuruí.

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

*Referências*

AGRA, R.M.R.T; ANDRADE, C.D. *Análise Multicritério da Suscetibilidade à Erosãona Bacia Hidrográfica do Rio da Batateira, CE*. Revista Brasileira de Cartografia, vol.73, n. 1, 2021.

AGUIAR, J.E.S; VAZ, C.M; RODRIGUES, E.B; SANTANA, J.M; REIS, M.S; NEVES, R.R; SOUZA, G.T. *Avaliação Ambiental da Área de Preservação Permanente ao longo do Igarapé Santos localizado na cidade de Tucuruí-PA*. Revista AIDS de Ingeniería y Ciencias Ambientales, vol. 16, nº 1, 111-124, 2022.

AMORIM, J.E.L. *Características geoambientais da bacia hidrográfica do Igarapé Água Boa Vista, Roraima.* Revista de Estudos Geoeducacionais, janeiro-abril, vol. 9, núm. 17, 2017.

CÔRTES; J.C; SILVA JÚNIOR, R.D. *A Interface entre desmatamento e urbanização na Amazônia Brasileira.* Revista Ambiente e Sociedade, São Paulo. Vol. 24, 2021.

FURTADO, L.G; MORALES, G.P; SILVA, D.F; PONTES, A.N. *Transformações do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Murucupi, Barcarena, Pará.* Revista Brasileira de Geografia Física v.13, n.05, 2340-2354, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. *Sinopse por setores do Censo 2010*, Brasília – DF, 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/tucurui/panorama>. Acesso em: 03 abr. 2022.

JESUS, V. C; BARRETO, H. N; PEREIRA, E. D. *Processos denudacionais em domínios de chapadas areníticas no centro sul do Maranhão*. Revista Equador, v. 8, n. 2, p. 309-331, 2019.

KALISKI, A. D; FERRER, T. R; LAHM, R. A. *Análise temporal do uso do solo atravésde ferramentas de geoprocessamento - Estudo de Caso: Município de Butiá/RS*. Porto Alegre, RS, v. 4, n. 2, ago. 2010. ISSN 1982-0003.

LEITE, M. E.; FERREIRA, M. F.F. *Análise Espaço-Temporal do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Tabuas, norte de Minas Gerais, com aplicação das geotecnologias.* Revista Brasileira de Geografia Física**,** Pernambuco, v. 6, n. 2, p.184- 194, 13 maio, 2013.

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas – *Coleção 6 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil*. Disponível em: https://mapbiomas.org/. Acesso em: 13 maio 2026.

MARICATO, E. *Brasil, cidades: alternativas para crise urbana.* 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2013.

MATIELLO, S; CERRI, F; PAGANI, C.P; LIMA, J. *O uso do geoprocessamento para delimitação e análise das Áreas de Preservação Permanente de um córrego em NovaMutum Paraná-RO.* Revista Presença Geográfica, 06, 2017.

MATOS, F. C.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. *Análise temporal da expansão urbana no entorno do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil.* Revista Biociências, UNITAU. Volume 17, número 1, 2011.

MEDINA, N. M; SANTOS, E. C. *Educação ambiental: uma metodologia participativa de formação.* 3.ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2018.

MELO, V. F; GIANLUPPI, D; UCHÔA, S.C.P. *Aspectos pedológicos e de manejo dossolos em Roraima.* In: BARBOSA, R. I. e MELO, V. F. (Org.). Roraima: homem, ambiente e ecologia Boa Vista: FEMACT, 2010. p. 391-408.

MENEGASSO, J.D; SUTIL, T; DE CONTO, D; LADWIG, N. I; LUZ, C. *Geotecnologia aplicada à análise temporal da expansão urbana da cidade de Orleans/SC.* Planejamento e gestão territorial: o papel e os instrumentos do planejamento territorial na interface entre o urbano e o rural. Criciúma (SC): UNESC, 2019, Cap. 6, DOI: dx.doi.org/10.18616/pgtur06**.**

MOREIRA, D.D.C. *O Sistema de Abastecimento de Água de Tucuruí: Caracterização e Perspectiva Histórica da Gestão Pública Local.* Dissertação de mestrado - UFPA, NUMA, Belém, p.1-99, 2014.

MOREIRA, S.R.S; TEIXEIRA, A.S.M. *Impactos ambientais causados pela ação do homem no Igarapé grande em Boa Vista/RR.* Revista REAMEC, Cuiabá - MT, v. 7, n.1, jan/jun 2019.

NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. *Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de*

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

*Novais*. Revista Brasileira de Climatologia, [S. l.], v. 32, n. 19, p. 1–39, 2023.

PIMENTEL, D.R; MOTA, E.J; ALVES, R.C.F; RAMOS, P.C; JESUS, A.K.S; SILVA, I.L.S; SOARES, A.M. *Identificação de Atividades Antrópicas na Microbacia de um Riacho Urbano no Município de Santarém-Pará-Brasil.* Revista Saúde e Meio Ambiente – RESMA-UFMS-Três Lagoas v. 13 n. 1, p.66-72, julho-dezembro, 2021.

REBOITA, M.S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. *Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica.* Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, n.2, 185 - 204, 2010.

RODRIGUES, J.B; ALVES; B.S; DA SILVA, D.D.S; RIBEIRO, I.A.M; SALES, L.L.N. *O uso de geotecnologias para analises hídricas.* I Simpósio Regional de Geoprocessamento – SIRGEO, Teresina-PI, 2018.

ROSA, E.P; TRENTIN, R., DIAS, D.F; SANTOS, V.S. *Mapeamento do uso e ocupaçãoda terra no município de Jaguari-RS.* In: Perez Filho, A., Amorim, R.R. (Org.), Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, 1: 6890-6894, 2017.

SANTOS, D. B. O.; BLANCO, C. J. C.; PESSOA, F. C. L. *RUSLE para determinação da tolerância de perda de solo.* Biota Amazônia, v. 5, n. 4, pp. 78-83, 2015.

SATYAMURTY, P.; da COSTA, C. P. W.; MANZI, A. O. *Moisture source for the Amazon Basin: a study of contrasting years.* Theoretical and Applied Climatology, v.111, n. 1-2, p.195-209, 2013.

SEABRA, V.S; CRUZ, C. M. *Mapeamento da dinâmica da cobertura e uso da terrana bacia hidrográfica do Rio São João, RJ.* Revista Sociedade & Natureza, 25(2), 411-426, 2013.

SILVA, G.M; ALVES, A.C; SANTOS, M.Q. *Dinâmica socioespacial e problemas urbanos na microbacia do Igarapé do Quarenta, Manaus-Amazonas.* Revista Tocantinense de Geografia, Araguaína, v. 09, n. 19, set-dez/2020.

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

SILVA, N.P.C; PAULA, E.M.S. *Análise geossistêmica das modificações da paisagem na microbacia do Igarapé Tucuruí – Baixo Rio Xingu.* Revista Eletrônica do PRODEMA, Fortaleza, Brasil, v. 15, n 2, p. 52 – 61, 2021.

SILVA, R.O; ROBRINI, M.E; FREITAS, M.P. *Influência do índice de chuvas e rejeitos de efluentes na qualidade das águas do Igarapé Santos (Tucuruí – Sudeste Paraense/Amazônia Oriental).* Boletim Paulista de Geografia, nº 108, jul.-dez. 2022 (ISSN: 2447-0945).

SOARES, L.P; MOURA, M.O. *Fatores geográficos e os sistemas de circulação atmosférica do Estado do Pará, Brasil.* XIV Encontro Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia. 18p, 2021.

TENÓRIO, C.R., LIMA, A.M.M. *Indicadores de eficiência do Plano Diretor Municipal de Tucuruí-PA.* Revista de Geografia, 30(3), 146-162, 2013.

TREVISAN, D.P; MOSCHINI, L.E; GUERRERO, J.V.R. *Dinâmica Temporal do Uso e Cobertura da Terra no Município de Brotas-SP entre os Anos de 1988 e 2016.* Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science, 6(4), 204-219, 2017.

TUCURUÍ, Pará. *Lei Municipal nº 7.145/06 – Plano Diretor do Município de Tucuruí- PA*. 273p. 2006.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. *Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**,** [s.l.], v. 14, n. 1, p.55-64, jan. 2010. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662010000100008>. Acesso em: 03 abr. 2022.

**Declaração de conflito de interesse:**

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

**Declaração de disponibilidade de dados da pesquisa:**

Todo o conjunto de dados de apoio aos resultados deste estudo foi publicado no próprio artigo.

SciELO Preprints - Este documento é um preprint e sua situação atual está disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2026.235397

**Declaração de uso de IA:**

Não foi feito uso de IA.

**Contribuições dos autores**

Maamar El Robrini: Redação do do manuscrito original.

Rafael Oliveira da Silva: Redação - revisão e edição e Supervisão.

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença Creative Commons CC-BY.
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.