

DINÂMICA TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA USINA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE, PARÁ.

TEMPORAL DYNAMICS OF LAND USE AND COVER IN THE AREA OF INFLUENCE OF THE BELO MONTE HYDROELECTRIC PLANT, PARÁ.

Janaina Silva de Matos¹
Lorrane Honorato Firmino²
Débora Camile Fonseca da Rosa³
Natalia Da Costa Braga⁴
Marcos Antonio Araujo do Monte⁵
Evandro Ferreira da Silva⁶

RESUMO

As construções das usinas hidrelétricas têm causadas mudanças expressivas em seu uso e cobertura da terra, especialmente em regiões com instalações de grandes empreendimentos de infraestrutura. Portanto, o objetivo desse trabalho é evidenciar as eventuais mudanças no uso e cobertura da terra na Área de Influência Direta da Usina Hidrelétrica de Belo Monte - PA. Para a classificação do uso e cobertura utilizou-se os dados da Coleção 9, considerando os anos de 2010, 2013, 2016, 2019 e 2022 e as análises espaciais foram realizadas software QGIS. Os resultados evidenciaram que a construção da usina provocou a expansão significativa de corpos d'água, enquanto áreas de floresta e agropecuária apresentaram redução considerável, refletindo o impacto direto do alagamento e a reorganização territorial na região. Além disso, o crescimento das áreas não vegetadas, associado à urbanização e ao aumento populacional, intensificou a fragmentação de habitats e a degradação ambiental. As transformações observadas destacam a necessidade de políticas públicas que promovam o manejo sustentável dos recursos naturais, visando minimizar os impactos socioambientais e preservar a biodiversidade local.

¹Engenheira Florestal e Mestranda em Engenharia Florestal no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná – Curitiba, Paraná, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3316-0907> E-mail: janainamatos697@gmail.com

² Engenheira Florestal e Mestranda no Instituto de Pesquisa Nacional da Amazônia - Manaus, Amazonas, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1958-4178> E-mail: lorranehonorato772@gmail.com

³Engenheira Florestal, Universidade Federal do Pará, Altamira, Pará, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7330-1316> E-mail: debora.rosa@altamira.ufpa.br

⁴Engenheira Florestal, Universidade Federal do Pará, Altamira, Pará, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3124-4632> E-mail: nataliabraga819@hgmail.com

⁵Engenheiro Florestal, Universidade Federal do Pará, Altamira, Pará, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8640-541X> E-mail: marcosmaamwa@gmail.com

⁶ Docente do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil e membro permanente da pós-graduação, nível de mestrado, em Biodiversidade e Conservação, UFPA. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5948-6402> E-mail: evandroflorestal@gmail.com

Palavras-chave: Análise da Paisagem; Sensoriamento Remoto; MapBiomass; Área de Influência; Impacto Ambiental

ABSTRACT

The construction of hydroelectric plants has caused significant changes in land use and land cover, especially in regions with large infrastructure projects. Therefore, the objective of this study is to highlight potential changes in land use and land cover in the Area of Direct Influence of the Belo Monte Hydroelectric Plant (PA). Data from Collection 9 were used to classify land use and land cover for the years 2010, 2013, 2016, 2019, and 2022, and spatial analyses were performed using QGIS software. The results showed that the construction of the plant caused a significant expansion of water bodies, while forested and agricultural areas showed a considerable reduction, reflecting the direct impact of flooding and territorial reorganization in the region. Furthermore, the growth of non-vegetated areas, associated with urbanization and population growth, has intensified habitat fragmentation and environmental degradation. The observed transformations highlight the need for public policies that promote the sustainable management of natural resources, aiming to minimize socio-environmental impacts and preserve local biodiversity.

Keywords: Landscape Analysis; Remote Sensing; MapBiomass; Area of Influence; Environmental Impact.

1. INTRODUÇÃO

As construções de usinas hidrelétricas provocam alterações significativas na dinâmica dos rios e nos ecossistemas florestais em diversas regiões do Brasil, comprometer a sustentabilidade a longo prazo (FEARNSIDE, 2016; ANDRADE et al., 2017). Em uma análise realizada por Freire, Lima e Silva (2023) revela como a construção de Belo Monte afetou os aspectos socioeconômicos e físico-ambientais da região, abrangendo tanto a área de influência direta quanto indireta.

A ausência de ações antecipatórias e de planejamento ambiental eficaz limitou os esforços para mitigar os impactos, especialmente nas áreas diretamente atingidas (CALVI, 2019). No cenário presente, a escassez de informações contínuas sobre os efeitos ambientais da usina tem gerado repercussões, tanto regional quanto nacionalmente dada a magnitude do empreendimento, seu potencial de gerar impactos sociais e ecológicos, além da sua localização estratégica, marcada pelo crescimento urbano acelerado e pela expansão das atividades agropecuárias evidenciam a necessidade de análises espaciais detalhadas (MIRANDA, 2016; CALVI, 2019).

Nesse contexto, as análises multitemporais vêm se consolidando como ferramentas fundamentais no campo do sensoriamento remoto. Ao permitir a comparação de imagens de uma mesma área ao longo do tempo, essas técnicas viabilizam a identificação de mudanças na paisagem e contribuem para a compreensão dos processos ambientais em curso (NEGRI; MENDES, 2016).

De acordo com Marcon et al. (2020), ao avaliada a dinâmica espaço-temporal da paisagem com base nos anos 1976, 1984 e 2016, nota-se que existe um aumento do desmatamento causando fragmentação das áreas de floresta ao longo do período analisado, causando expressivo aumento no retalhamento da paisagem. Os autores destacam que as modificações na paisagem podem estar relacionadas com a construção da usina hidrelétrica, visto que empreendimento desta magnitude certamente impulsionam grandes impactos.

Dentre os principais impactos estão o crescimento urbano, impulsionado pelo aumento populacional, pela expansão das atividades econômicas e pela migração em busca de melhores condições de vida (ARRAES et al., 2012; ALMEIDA et al., 2019). Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo analisar as transformações no uso e

ocupação da terra na Área de Influência Direta da Usina de Belo Monte, entre os anos de 2010, marco inicial da construção da usina, até 2022.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Área de Influência Direta (AID) da Usina Hidrelétrica de Belo Monte (UHE), cuja sede está localizada no município de Altamira, Pará, com coordenadas geográficas aproximadas de 3°04'24" S e 52°13'39" W. A área de estudo compreende toda a Volta Grande do Xingú, abrangendo também os municípios de Vitória do Xingú, Senador José Porfírio, Brasil Novo e Anapú (Figura 1).

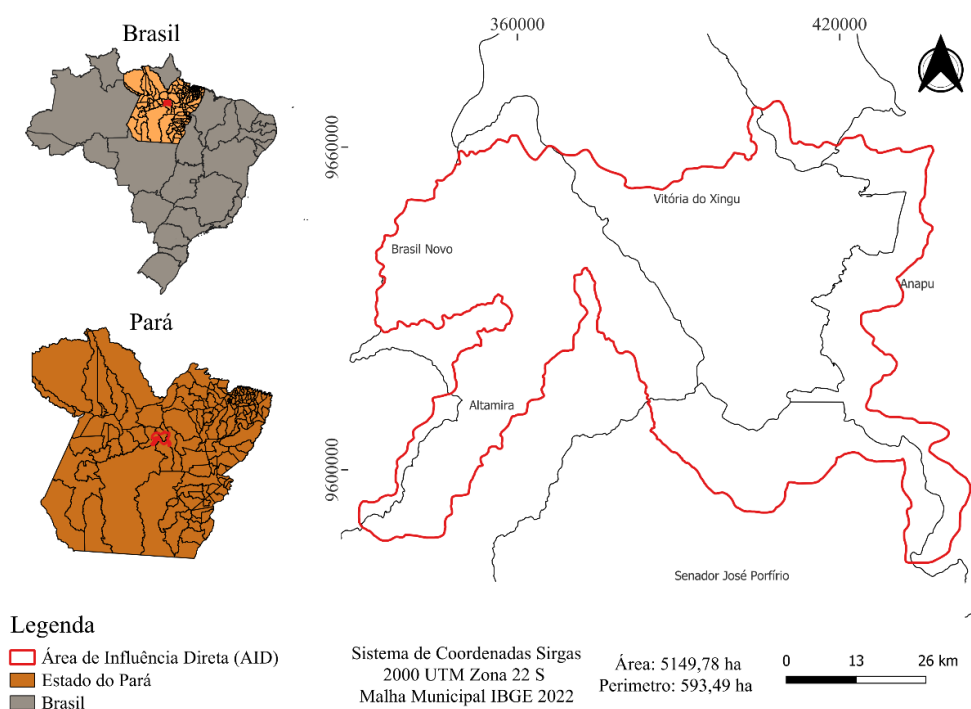


Figura 1: Mapa da Área de Influência da Usina Hidrelétrica Belo Monte.

Segundo a classificação Köppen, o clima neste município é do tipo 'Am' (clima quente de monção) e 'Aw' (clima quente com chuva de verão), com temperatura média mínima anual de 22,1°C, temperatura média máxima de 32,4°C e precipitação pluviométrica Expansão urbana e sua influência no microclima na cidade de Altamira, PA 286 média igual a 2.123mm/ano (SOUZA et al., 2013; IBGE, 2008).

Para realizar a análise temporal do uso e cobertura da terra, foram selecionados os anos de 2010, 2013, 2016, 2019 e 2022, representando diferentes fases do desenvolvimento da Usina Hidrelétrica de Belo Monte. As imagens correspondentes foram obtidas em formato matricial pela plataforma Google Earth Engine, utilizando a Coleção 9

do MapBiomas Brasil. O processamento foi feito no software QGIS Desktop 3.32, reconhecido por suas funcionalidades avançadas em análises espaciais e temporais.

As imagens foram recortadas para a área de interesse e classificadas com a paleta cromática padrão do MapBiomas, permitindo distinguir as classes de vegetação. Cada ano foi analisado separadamente para identificar mudanças no uso da terra. Após a classificação, os dados raster foram reprojitados e convertidos em vetores, gerando polígonos dissolvidos por classe de uso permitindo calcular as áreas em hectares e avaliar quantitativamente as transformações ocorridas entre 2010 e 2022.

3. RESULTADOS

A classe que apresentou maior aumento percentual foi corpo d'água, com crescimento de 24,2%, refletindo diretamente a formação do reservatório da usina. Em seguida, destaca-se a classe Área não vegetada, que teve acréscimo de 109,7%, indicando expansão de áreas urbanizadas ou expostas. Todas as classes apresentaram variações significativas em área, evidenciando a dinâmica territorial provocada pela implantação da hidrelétrica de Belo Monte (Figura 2).

A maior parte da área da AID da UHE Belo Monte é composta por cobertura florestal, que historicamente representa a classe dominante em extensão territorial. No entanto, apresentou redução ao longo do período analisado. Em 2010, a área de floresta totalizava 242.499,67 hectares, enquanto em 2022 esse número caiu para 233.872,49 hectares, evidenciando uma perda aproximadamente 8.627 hectares (Tabela 1).

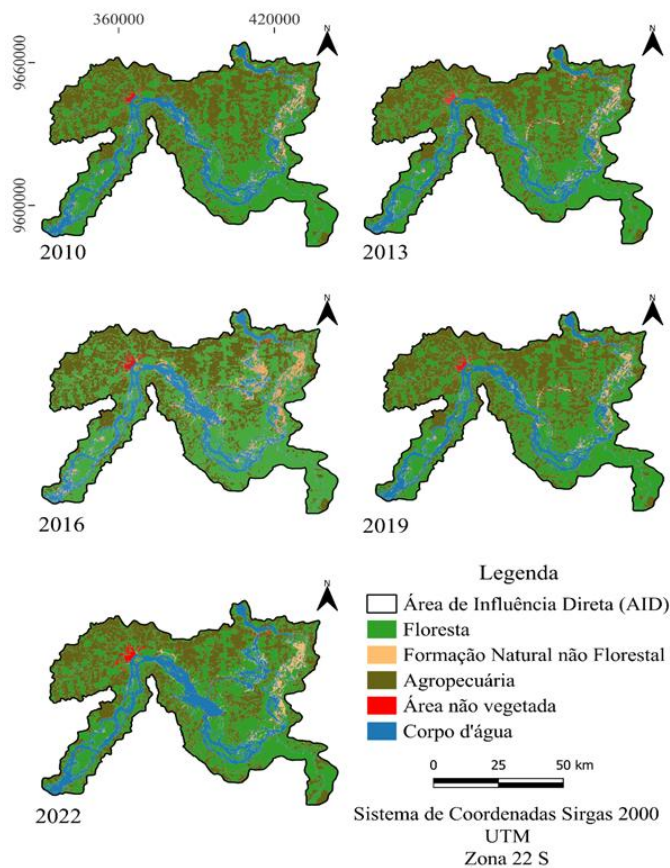


Figura 2: Mapa de análise temporal da área de influência direta (AID) no período de 2010 a 2022, Pará

Tabela 1 : Uso e cobertura da terra entres os anos 2010 a 2022, na área de influência direta (AID) da hidrelétrica de Belo monte

Classes de uso e ocupação da terra	2010	2013	2016	2019	2022
	ha				
Área não vegetada	1.439,3658	2128.5445	2741.8207	2128.5445	3018.321
Corpo d'água	67260.2863	68671.2389	70454.8044	68671.3281	83546.7082
Formação natural não florestal	9115.3789	10509.2425	26772.3852	10509.2425	12455.7123
Floresta	242499.6689	242240.167	239832.0014	242240.167	233872.4871
Agropecuária	194656.8556	191477.4307	175234.9743	191486.7038	182142.7574

Fonte: Autor, 2024.

A área não vegetada apresentou um crescimento significativo de 1.578,95 hectares, o que representa um crescimento de cerca 110%. O pico mais recente foi registrado em 2022, com 3.0189,31 hectares, indicando intensificação da ocupação humana, obras de infraestrutura e possíveis área degradadas.

Os corpos d'água apresentou o maior crescimento absoluto entre todas as classes observadas no estudo. Em 2010, a área ocupada era de 672.602,86 hectares, aumentando progressivamente até atingir 835.467,08 hectares em 2022, um acréscimo de 162.864,22 hectares, equivalente a aproximadamente 24% de crescimento. Além disso, a formação natural não florestal apresentou um crescimento significativo, passando de 9.115,38 ha em 2010 para 26.772,39 hectares em 2016, seguido por uma redução para 12.455,71 hectares em 2022.

Ao analisar a formação natural não florestal releva uma tendência de redução gradual da cobertura florestal, com destaque para o período entre 2019 e 2022, quando se observa uma perda superior a 8.000 hectares. Essa diminuição, por sua vez, pode estar correlacionada à expansão de áreas agropecuárias e não vegetadas.

Por outro lado, entre 2010 e 2022, a classe Agropecuária apresentou variações, iniciando com 194.656,86 hectares em 2010. Posteriormente, houve uma segunda redução até 2016, atingindo para 175.234,97 hectares, possivelmente em decorrência da formação do reservatório e à reorganização territorial. Na sequência, observou-se uma recuperação abrupta em 2019 (191.486,70 ha), que pode refletir retomada de atividades produtivas ou reclassificação de áreas, e encerrando com nova queda em 2022 (182.142,76 ha).

4. DISCUSSÃO

Marcon et al. (2020), a paisagem no entorno das barragens sofre uma diminuição nas áreas de floresta, um aumento em área das classes “corpos d'água”, “povoamentos florestais” e “áreas urbanas”, demonstrando que o empreendimento pode contribuir no desenvolvimento dos municípios adjacentes.

Freire (2014) disse que era perceptível que ocorreriam impactos em bacias hidrográficas, pois eram sistemas complexos, poderiam ocasionar problemas relativos tanto à sua configuração físico-geográfica bem como também nos modos de vidas e organização da população atingida. A autora abordou que em termos de impactos físicos ambientais, o problema está relacionado com o represamento e desvio de parte das águas do rio Xingu

e que o maior impacto que evidenciaria pela mudança no nível das águas pela elevação a montante da barragem ou pelo rebaixamento do relevo fluvial que o aporte de sedimentos seriam modificados.

Para Coelho et al. (2015), o aumento dos corpos d'água está relacionado à formação do reservatório da usina, que submergiu vastas áreas anteriormente ocupadas por florestas, áreas agrícolas e até mesmo assentamentos humanos, convertendo essas paisagens em um contínuo corpo hídrico.

Costa et al. (2019) observada na análise multitemporal da região de implantação da usina alterações significativas na paisagem até sua fase de operação, em 2016, indicando que a instalação aproximadamente 51.530 ha de florestas nativas foram alvo de supressão para possibilitar a implantação de todo os sistemas e infraestrutura da barragem trazendo impactos ambientais de grandes proporções. Os autores destacam também que a instalação da UHE de Belo Monte trouxe impactos de grandes proporções para a área de influência direta afetando o ecossistema como um todo.

Esse padrão sugere uma fase de transição em que áreas anteriormente florestadas ou ocupadas por agropecuária foram temporariamente convertidas em formações mais esparsas, como campos ou savanas, possivelmente devido a alterações no regime hídrico e na dinâmica de ocupação do solo, o estudo de Lopes e Brito (2021) aborda os impactos sobre comunidades ribeirinhas, os resultados revelaram diminuição de áreas agricultáveis causados principalmente pelo alagamento decorrente do enchimento do reservatório e consequentemente insegurança alimentar causada pela nova realidade local.

Além das mudanças diretas no uso da terra, a expansão urbana e a construção de infraestruturas como rodovias, assentamentos e instalações de apoio também promoveram a degradação dos solos e a perda de vegetação nativa, aumentando a vulnerabilidade ambiental da região resultado da ocupação desordenada e com ausência de infraestrutura básica (NETO & HERRERA, 2017; SILVEIRA et al., 2016). Esses processos estão associados à fragmentação de habitats e à perda de serviços ecossistêmicos essenciais, como regulação hídrica e ciclagem de nutrientes (ANDRADE et al., 2017).

A agropecuária configura-se como uma das principais ameaças à integridade dos ecossistemas amazônicos, sobretudo pela expansão da pecuária, que contribui diretamente para o aumento do desmatamento de áreas de floresta primária, agravado pela baixa capacidade de suporte das pastagens (SILVA, OLIVEIRA E SANTANA, 2017).

Ademais, segundo Silva et al. (2020), as transformações decorrentes da construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte favoreceram o surgimento de novos plantios de culturas anuais e perenes, fenômeno que pode ser associado à introdução de novas práticas produtivas, impulsionadas pelo crescimento populacional acelerado e desordenado na região.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do uso e cobertura do solo evidenciou que a implantação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte provocou mudanças expressivas no uso e cobertura da terra na AID. A classe "Área não vegetada" teve o maior aumento percentual (cerca de 110%), indicando expansão urbana, obras e degradação. O maior crescimento absoluto foi nos "Corpos d'água", com acréscimo de aproximadamente 162.864 hectares, devido à formação do reservatório. A cobertura florestal, embora dominante, perdeu cerca de 8.627 hectares, sinalizando redução da vegetação nativa.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. A. et al. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em uma floresta ombrófila densa na Amazônia Oriental, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 42, n. 3, p. 545-558, 2019.
- ANDRADE, R. F.; SILVA, J. M.; SANTOS, L. P. Impacto ambiental e expansão urbana em áreas próximas a grandes projetos de infraestrutura. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 19, n. 3, p. 457-476, 2017.
- ARRAES, R. A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista Economia e Sociologia Rural**, v. 50, p. 119-140, 2012.
- CALVI, M. F. (Re)organização produtiva e mudanças na paisagem sob influência da Hidrelétrica de Belo Monte. 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.
- CASTRO, M. A.; BARROS, L. M. Reconfigurações territoriais na Amazônia em torno de grandes projetos de infraestrutura. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 41, p. 35-50, 2018.
- COELHO, A. C.; FONSECA, P. S.; MELO, R. V. Alterações ambientais provocadas por grandes reservatórios: um estudo de caso da UHE Belo Monte. **Revista de Ecologia e Hidrologia**, v. 12, n. 2, p. 112-131, 2015.

COSTA, J. F.; SILVA, M. S. Impactos Socioambientais da Expansão Agropecuária na Amazônia. **Revista Brasileira de Sociologia e Meio Ambiente**, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/FTTwBFM48MhVKNckWNDkB8C/?lang=pt>. Acesso em: 13 set. 2024.

COSTA, S. T. L. DA et al. Usina hidrelétrica de belo monte: análise multitemporal da produção de energia e impactos ambientais. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 1, 2019, p. 224-237.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Clima. **Embrapa**, 2023. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em: 11 set. 2024.

FEARNSIDE, P. M. Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais. **Revista Amazônica de Ciências Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 15-29, 2016.

FREIRE, Luciana M. Impactos ambientais no rio Xingu diante da implantação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte no Estado do Pará: subsídios para o planejamento ambiental. **Revista Geonorte**. Belém, n. 10, edição especial 4, v. 10, 2014, p. 341–345.

FREIRE, L. M.; LIMA, J. S. de; SILVA, E. V. da. Avaliação dos impactos socioambientais da Usina Hidrelétrica de Belo Monte. **Sustainable Science**, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v30n3-2018-2>. Acesso em: 15 set. 2024.

IBGE. Mapas Temáticos. Mapas Temáticos. [S.l.]: IBGE, 2008. Disponível em: <www.mapas.ibge.gov.br/tematicos>.

LOPES, M. S.; BRITO, D. M. C. Impactos socioambientais ocasionados por hidrelétrica no Vale do Jari, Amapá, Brasil: percepções comunitárias. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 24, 2021.

MAPBIOMAS. Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 16 maio 2025.

MARCON, A. K. et al. Landscape dynamics around a hydropower plant in paraná state, brazil. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 48, n. 126, 2020.

Miranda Neto, J.Q., Herrera, J.A. (2016). Altamira-PA: novos papéis de centralidade e reestruturação urbana a partir da instalação da UHE Belo Monte. Confins – **Revue franco-brésilienne de géographie**.

NEGRI, R. G.; MENDES, T. S. G. Sensoriamento remoto, processamento de imagens e estudos ambientais. In: VILANOVA, M. R. N.; SHIINO, M. Y. (eds.). **Fronteiras da engenharia e ciências ambientais: perspectivas multidisciplinares [Recurso eletrônico]**. São Paulo: Editora Interciência, 2016. p. 89-112.

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Versão 3.32. QGIS

Association, 2023. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 16 maio 2025.

SANTOS, E. C.; BRITO, A. S. Caracterização do impacto ambiental da instalação de grandes empreendimentos. **Geografia em Análise**, v. 19, n. 1, p. 45-60, 2021.

SANTOS, E. M.; SOUZA, L. P. A urbanização e os impactos ambientais em áreas de floresta: Um estudo de caso da Usina de Belo Monte. **Revista Amazônica de Estudos Ambientais**, v. 3, n. 1, p. 130-145, 2017.

Silva, M.M., Oliveira, F.A., & Santana, A.C. Mudanças socioambientais no uso da terra em Altamira, Amazônia Oriental. **Novos Cadernos NAEA**. v. 20, n. 3, p. 181-202, set-dez 2017, ISSN 1516-6481 / 2179-7536

SILVA, A. F. et al., Impactos das alterações no uso e cobertura do solo no Município de Altamira, Pará. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, e303985488, 2020. DOI: [10.33448/rsd-v9i18.5488](https://doi.org/10.33448/rsd-v9i18.5488).

SILVEIRA, M. A. et al. Alterações no uso do solo e suas implicações para a biodiversidade. **Revista Brasileira de Ecologia**, v. 39, n. 1, p. 105-120, 2016.