



227 - INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA NAS OUTORGAS DA BACIA DO TAPAJÓS, AMAZÔNIA, BRASIL

Lorena Conceição Paiva de Ataíde ⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande. Doutoranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental no PPGEC/UFPA.

Francisco Carlos Lira Pessoa ⁽²⁾

Professor Adjunto da Universidade Federal do Pará, vinculado a Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (FAESA), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e ao Programa de Pós-Graduação em Processos Construtivos e Saneamento Urbano (PPCS).

Geovanna Carolina Santos dos Santos ⁽³⁾

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Mestranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental no PPGEC/UFPA.

Nilton Ricardo Oliveira Silva ⁽⁴⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental no PPGEC/UFPA.

Arthur Julio Arrais Barros ⁽⁵⁾

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará. Gerente da Unidade Executiva de Controle de Qualidade na Companhia de Saneamento do Pará. Doutorando em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental no PPGEC/UFPA.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, Brasil. CEP: 66075-110. Tel: (91) 3201-7390 e-mail: lorenaataide07@gmail.com

RESUMO

A intensificação das ações antrópicas nos últimos 40 anos ocasionou inúmeras mudanças no uso e cobertura da terra (LULC) desencadeada, principalmente, pelo desenvolvimento econômico, causando supressão da vegetação nativa para dar lugar à agropecuária. Essas atividades demandam alto consumo de água para suprir sua produção, sendo necessário emissão de outorgas de direito de uso para garantir a gestão adequada dos recursos hídricos. Deste modo, este estudo visa identificar as outorgas emitidas na Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós e relacioná-las com o LULC de 2021. Para isso, analisou-se as outorgas (volume e finalidade) disponíveis na Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA) e o uso e cobertura da terra fornecido pelo MapBiomias. Com base nos resultados, foram identificadas noventa e seis outorgas de direito de uso da água à nível nacional, com destaque para captação, localizadas majoritariamente na área dominada pela agricultura e pastagem (centro-sul da bacia), sendo estas as atividades que exercem maiores pressões sobre os recursos hídricos. Além disso, verificou-se também, que há uma vasta área sem pontos de outorga, ocasionado pela baixa densidade populacional e pela grande quantidade de unidades de conservação e terras indígenas nessa na região. Pode-se concluir então, que o crescimento das atividades econômicas, apesar de importante para sociedade, acarreta diversos impactos socioambientais, dentre eles, o elevado consumo da água para práticas agrícolas e a perda da biodiversidade natural.

PALAVRAS-CHAVE: Outorga, Usos da Água, Recursos Hídricos, LULC.

INTRODUÇÃO

A água está no centro do desenvolvimento sustentável, pois é o recurso natural de suma importância para a existência de vida no mundo, sendo essencial para o consumo humano e animal, fundamental para o equilíbrio dos ecossistemas e indispensável para manutenção da saúde pública. Segundo a UNESCO (2012) o acesso à água é um elemento crucial para o bem-estar das pessoas em todos os domínios da vida – pessoal, familiar e social.



Devido ao aumento da pressão populacional e à mudança no comportamento do uso da água, o desafio de manter o consumo em níveis sustentáveis deverá se tornar ainda mais difícil em um futuro próximo (SCHEWE et al., 2014). Visto que as ações antrópicas são responsáveis por transformações significativas no ambiente de bacias hidrográficas, influenciando diretamente na qualidade e quantidade dos processos hidrológicos. Segundo Boretti e Rosa (2019) a segurança hídrica, capacidade de uma população de salvar o acesso sustentável a quantidade e qualidade adequadas de água está em risco para muitos, e a situação vai piorar nas próximas décadas.

Lyu et al. (2019) citam que a variabilidade climática e a perturbação antrópica são os principais fatores que impulsionam as mudanças no ciclo hidrológico e levam à variabilidade espacial e temporal na disponibilidade de água. Corroborando esta afirmativa, Dibaba et al. (2020) explanam que o uso/cobertura da terra e as mudanças climáticas afetam a acessibilidade dos recursos hídricos, alterando a magnitude do escoamento superficial, recarga de aquíferos e fluxos de rios. Do mesmo modo, Wu et al. (2019) destacam que o desenvolvimento econômico e o crescimento populacional tiveram um impacto profundo nas bacias hidrográficas.

Sobre isso, Bissenbayeva et al. (2019) afirma que a atividade humana mudou a distribuição espaço-temporal dos recursos hídricos por meio do uso da terra, construção de água e outras operações de engenharia e gerenciamento de água. Conforme Jiao et al. (2020) as mudanças no uso da terra, captação de água, irrigação e operação de reservatórios, influenciam direta ou indiretamente as secas hidrológicas regionais.

Portanto, gerir os recursos hídricos é fundamental para acordar as demandas sociais, econômicas e ambientais, permitindo a convivência dos usos atuais e futuros da água sem conflitos. A identificação da relação entre as demandas, as atividades associadas aos usos em uma bacia e a disponibilidade água para supri-las, são fundamentais para o estabelecimento de um bom diagnóstico de recursos hídricos que fornecerá suporte à gestão da água (STINGHEN e MANNICH, 2019).

Segundo o IPEA (2022) os principais usos consuntivos da água no Brasil são o abastecimento humano, abastecimento animal, indústria, mineração, termoelectricidade, irrigação e a evaporação líquida de reservatórios artificiais. E para cada um desses tipos de uso são caracterizadas as vazões de retirada (vazão retirada do corpo hídrico), de consumo (vazão retirada que não retorna ao corpo hídrico) e de retorno (fração da vazão retirada que retorna ao corpo hídrico).

Logo, o monitoramento de uso das águas é fundamental para subsidiar decisões sobre a alocação de água, à identificação de usuários inativos, à implementação de regras de restrição em situações de escassez, e o controle de poluição de corpos hídricos, por meio de monitoramento do lançamento de efluentes (PNRH, 2022). Sendo a outorga de uso de águas superficiais e subterrâneas a principal ferramenta para o cumprimento da Política Nacional de Recursos Hídricos pois garantem o direito de acesso à água e a manejam adequadamente, tanto quantitativa quanto qualitativamente.

Na Amazônia, a disponibilidade de água vem sendo ameaçada pelo crescimento da agropecuária, diversos trabalhos enfatizam a influência do desmatamento e expansão agrícola nos processos hidrológicos (FEARNSIDE, 2006; AGUIAR et al., 2016; FARINOSI et al., 2019; CARRERO et al., 2020; SERRÃO et al., 2023). Localizada no centro do arco do desmatamento, a bacia hidrográfica do Rio Tapajós faz parte do ecótono Cerrado-Amazônia, habitat de espécies endêmicas, vulnerável às atividades antropogênicas e sujeita à redução da quantidade de água disponível.

Por fim, Fearnside (2009) afirma que os impactos ambientais, econômicos, sociais e culturais, causados pelas grandes empresas na bacia do Rio Tapajós, comprometem a vida humana, animal e vegetal. E ainda, afetam os recursos naturais, contaminam a água, terra, floresta, ar e destroem e violam os direitos das comunidades locais, indígenas e ribeirinhos.

Neste sentido, torna-se indispensável a verificação das condições hídricas atuais da Bacia do Tapajós para garantir a melhor gestão da água no futuro. Portanto, o trabalho objetiva-se a investigar como as mudanças no uso da terra (desmatamento, aumento da agricultura e pecuária e crescimento urbano) influenciam nos usos múltiplos da água da Bacia Hidrográfica do Tapajós.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado para Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós, um dos principais afluentes da margem direita da Bacia Amazônica (Figura 1). Essa bacia representa cerca de 6% do território brasileiro e tem grande relevância ecológica, cênica, social e cultural (WWF, 2016). Possui área de drenagem de 492.263 km² e abrange os Estados do Mato Grosso (59%), Pará (38%), Amazonas (3%) e uma pequena parte de Rondônia, constituindo-se uma bacia federal (por drenar mais de um Estado).

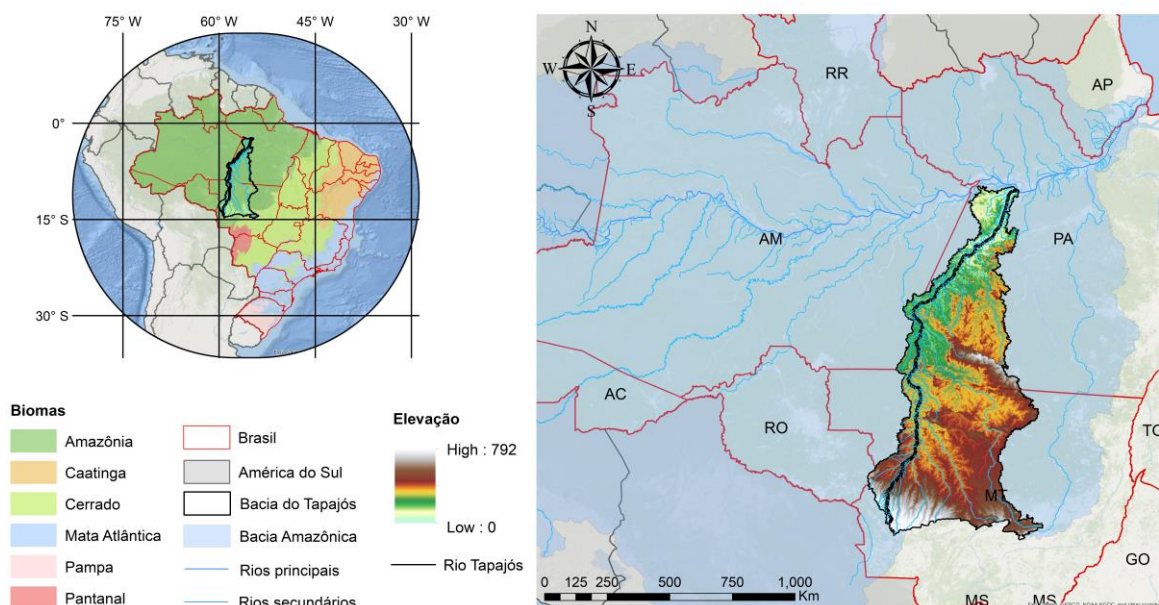


Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós.

O Rio Tapajós nasce na fronteira do Mato Grosso com o Pará, da confluência dos rios Juruena e Teles Pires (ou São Manuel), seus principais afluentes, além dos rios Jamanxim e Crepori, e deságua à cerca de 840 km no Rio Amazonas, próximo à Cidade de Santarém. De acordo com estudo produzido pelo WWF (2016) as cabeceiras dos rios Juruena e Teles Pires estão no bioma Cerrado, já bastante alterado pela atividade antrópica.

METODOLOGIA

Esta pesquisa científica tem caráter quantitativa, para obtenção dos resultados foram considerados três métodos sistemáticos de coleta e análise de dados conforme exposto na Figura 2.

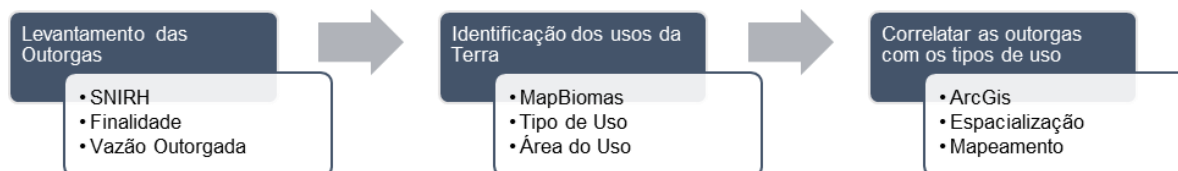


Figura 2: Etapas da metodologia.

A quantificação das outorgas emitidas foi realizada junto ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos – SNIRH, considerando os limites da Bacia do Tapajós. O sistema permite a identificação da categoria de outorga, localização, finalidade principal, tipo de interferência e vazão outorgada. Utilizando a localização das outorgas como referência foi possível identificar o uso da terra preponderante de cada ponto, e como o tipo de uso influencia a quantidade de água outorgável.



Para identificar os diferentes usos da terra deve-se entender os seguintes aspectos: A cobertura da terra refere-se às características da superfície da Terra, enquanto o uso da terra está ligado às interações humanas com as superfícies terrestres (MARTÍNEZ e MOLLICONE, 2012). Logo, a mudança no uso da terra consiste em uma alteração na forma como determinada área da terra está sendo usada ou gerenciada por seres humanos (PATEL et al., 2019).

As mudanças que ocorreram no uso e cobertura da terra (Land Use and Land Cover – LULC) foram verificadas com base nos dados fornecidos pelo MapBiomas, por meio da Coleção 7.1 que inclui dados anuais de cobertura e uso da terra do Brasil para o período de 1985 a 2021, em escala de 30 metros. O acesso aos arquivos de imagens Landsat é aberto através da plataforma Google Earth Engine que atua com algoritmos de linguagem de programação JavaScript. Segundo Souza Jr. et al. (2020) a massiva computação em nuvem permite o processamento rápido e automático de um grande conjunto de imagens compostas por mosaicos.

RESULTADOS

As outorgas de direito de uso de recursos hídricos foram computadas utilizando a base de dados do SNIRH da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), disponibiliza as características da outorga considerando a finalidade principal do uso. Entre os anos de 2013 à 2023 foram identificadas noventa e seis (96) outorgas de direito de uso da água à nível nacional na Bacia do Tapajós, sendo 24 de lançamento e 72 outorgas de captação (Figura 3), totalizando 47.524,45 m³/h/mês (captação + lançamento).

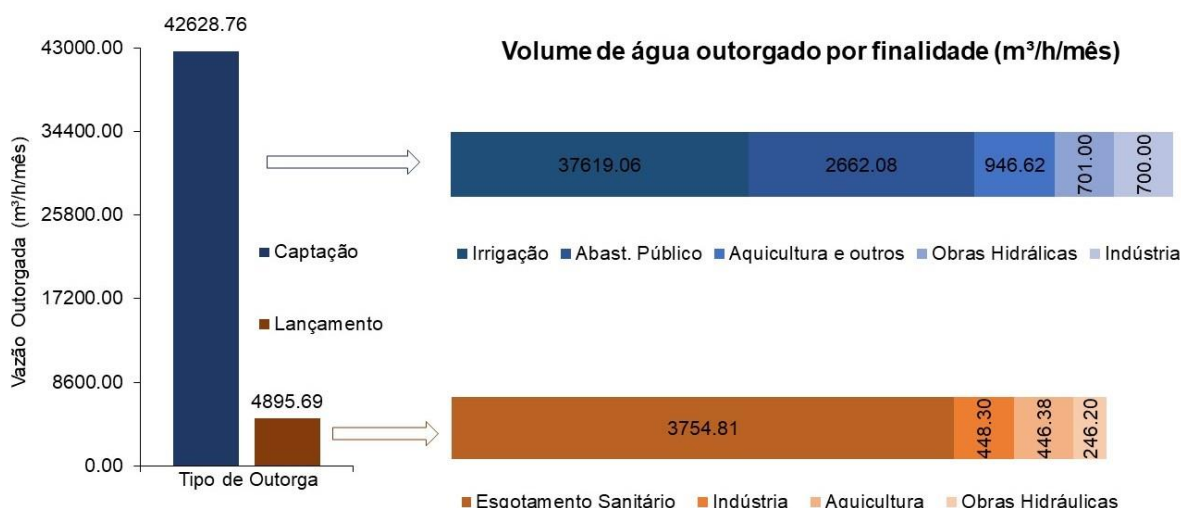


Figura 3: Quantificação do volume outorgado na Bacia do Tapajós.

As outorgas de captação são destinadas à diversas finalidades, com destaque para a irrigação, visto que o Mato Grosso é o maior produtor de grãos do Brasil, impulsionado pelo plantio de soja, milho, feijão e algodão. De acordo com Borges (2019) a riqueza do bioma Amazônico, sua fragilidade e interação com os ecossistemas aquáticos determinam um alto potencial de impacto sobre os recursos hídricos pois grande parte das ações antrópicas vêm sendo desencadeadas no espaço geográfico da região do Tapajós com o alto índice de cultivo de grãos, que necessita diretamente de grande uso de água.

O abastecimento público, apesar de em menor proporção, fica em segundo lugar, com 2.662,08 m³/h outorgados para cada mês. Esse uso da água está distribuído ao longo da bacia, exceto nas áreas indígenas, onde não há nenhum tipo de outorga. Têm-se ainda, aquicultura e outras atividades com 946,62 m³/h/mês outorgados, obras hidráulicas (701,00 m³/h/mês) e indústria (700,00 m³/h/mês). As obras hidráulicas estão reunidas no baixo Teles Pires, compreendendo os municípios de Jacareacanga (PA) e Paranaíta (MT), onde está situada a UHE Teles Pires, que possui capacidade instalada de 1820 MW. A distribuição espacial dos pontos de outorga pode ser verificada na Figura 4.

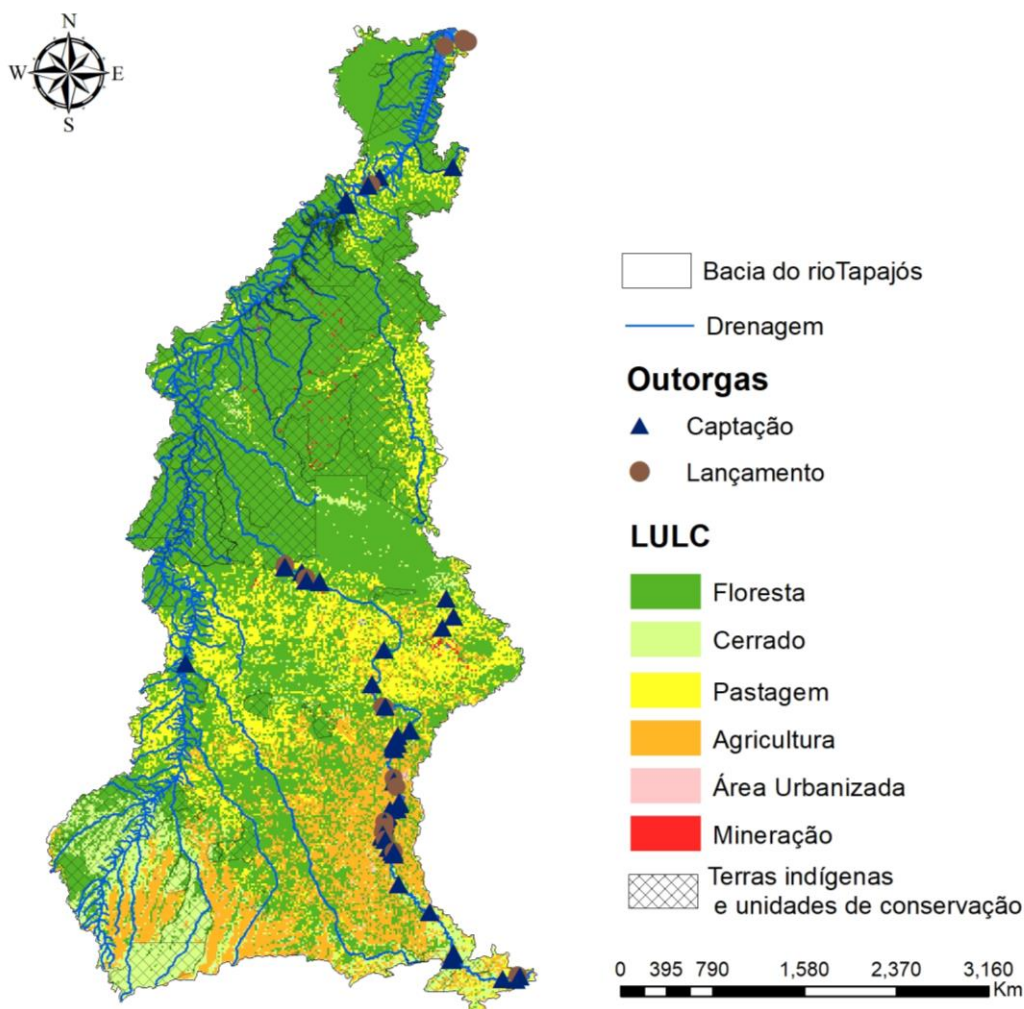


Figura 4: Tipos de uso da terra e distribuição espacial dos pontos outorgados na Bacia do Tapajós.

Na foz do rio Tapajós, onde está localizada a cidade de Santarém e a praia de Alter do Chão, observa-se um aglomerado de outorgas de lançamento de esgoto sanitário e efluentes industriais, somando 1.037,97 m³/h/mês de poluentes despejados neste local, comprometendo a qualidade da água e a saúde da população. Sales et al. (2021) investigaram as características físico-químicas da água na orla portuária de Santarém e constataram que algumas variáveis apresentaram valores em desacordo com a legislação ambiental, caracterizando os efeitos da poluição das águas por dejetos orgânicos em alguns pontos onde desembocam esgotos diretamente no rio.

O Plano de Saneamento de Santarém (PMSB, 2019) relata que o município de Santarém possui duas estações de tratamento de esgoto, operando com pouca vazão, visto que a rede de coleta possui apenas 57 km de extensão, estando incompleta, pois grande parte dos coletores principais não foram implantados. Isso reflete nos indicadores de saneamento, em que este município está na posição 99, de 100, com apenas 5,62% de coleta de esgoto, conforme o Instituto Trata Brasil (2023).

Na Figura 4, observa-se ainda, alguns pontos de lançamentos próximos à locais onde ocorre captação de água ao longo do baixo Tapajós, implicando na possível contaminação da água coletada seja para consumo humano ou irrigação. Nesta região observa-se grande proporção de área destinada à agricultura e pastagem, desencadeada pelo desenvolvimento do agronegócio ao longo dos anos nesta parte da bacia. O IPEA (2022) alerta que a disputa pela posse e uso da terra na Amazônia é um processo em curso no Brasil, tendo como efeitos os conflitos entre indígenas e grileiros, posseiros e garimpeiros.



Também é observado diversos pontos de mineração, os quais tendem a contaminar os recursos hídricos através do mercúrio, causando impactos no habitat, pesca, recreação, qualidade da água e pescados para consumo humano. De acordo com International Rivers (2022) a mineração afeta diretamente a provisão de água potável para a população no Médio e Baixo Tapajós, com impactos graves à saúde das populações ribeirinhas e indígenas (principalmente os Munduruku).

Considerando o uso da terra de 2021, constata-se que a Floresta, predominante no centro-norte da bacia possui área de 31.341.786 milhões de hectares. Já o Cerrado, vegetação nativa da porção sul da bacia, apresenta pouca extensão, conta com 3.926.056 milhões de hectares de área, uma redução de mais de 68% em relação à 1985 (5.753.659 ha). Estudos revelam que a principal causa de desmatamento no Cerrado é a expansão do agronegócio sobre a vegetação nativa, e a contínua conversão do Cerrado resultará em alterações no regime de chuvas local (WWF, 2023; BBC, 2023), afetando a disponibilidade e qualidade da água.

A agropecuária (agricultura + pastagem) perfaz uma área de 13.054.437 ha dominando o centro-sul do Tapajós, estes foram os tipos de uso da terra que mais cresceram nos últimos anos, cerca de 282% desde 1985. Ressalta-se que é nestes usos que estão distribuídas grande quantidade das outorgas de captação, logo, são atividades econômicas impõe pressão sobre os recursos hídricos, visto que demandam muita água para produção de alimentos e manutenção do rebanho. A Figura 5 mostra o LULC normalizado de 1985 à 2021.

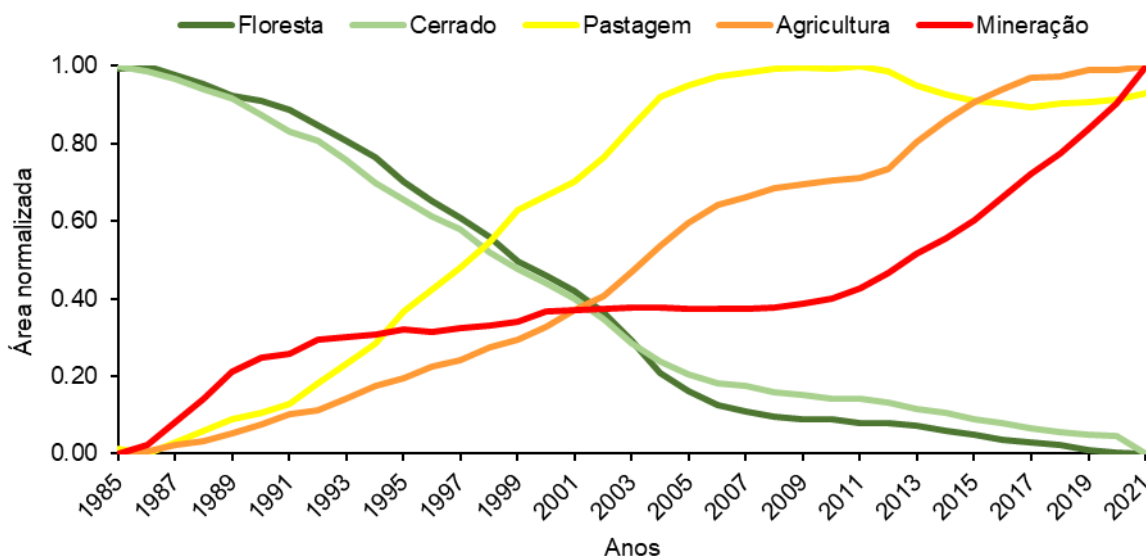


Figura 5: Mudanças no uso e cobertura da terra (LULC) da Bacia do Tapajós.

Com base na área normalizada exibida na Figura 5 fica nítido o declínio da floresta e cerrado ao passo que ocorre o avanço da pastagem, agricultura e mineração. Sendo que a pastagem apresenta um salto significativo no período de 2003 à 2013, desencadeando não só um maior consumo de água, mas também a redução da evapotranspiração causada pela supressão vegetal e aumento na emissão de gases nocivos, como o metano.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O Tapajós é um rio de águas transparentes que corta diferentes regiões, resultando em uma paisagem variada, sendo um dos destinos turísticos mais procurados na região amazônica. Contudo, o uso da água na bacia não se limita à lazer e recreação. Considerando a definição de segurança hídrica abordada por Tucci e Chagas (2018) deve-se analisar os riscos da gestão sustentável da água quanto a oferta, em quantidade e qualidade, impactos sobre a sociedade, na infraestrutura e nos ambientes.

Nesse sentido, a disponibilidade hídrica deve atender a todos esses requisitos, com água suficiente para suprir as necessidades humanas (abastecimento, agricultura, pecuária, indústria, saúde, geração de energia, entre outras) e naturais (proteção contra riscos de cheia, secas e contaminação; serviços ecossistêmicos, etc.). Na



Bacia do Tapajós, o recurso hídrico é utilizado para consumo humano, indústria, aquicultura, irrigação, entre outros. Destaca-se que 86,36% das outorgas para irrigação são retiradas do rio Teles Pires, concentradas nos municípios de Sorriso e Sinop. Conforme discutido por Franco et al. (2021), a bacia do Tapajós tende a concentrar todo o seu potencial de uso da água no alto e médio curso, com uma forte tendência ao agronegócio.

Ao espacializar os pontos outorgados, tomando como base os tipos de uso da terra, verifica-se que em decorrência do alto desenvolvimento econômico, a maior concentração de atividades que exercem pressões sobre os recursos hídricos está localizada na região do alto e médio Teles Pires, principal afluente do rio Tapajós, tornando o ecossistema de água doce vulnerável à degradação e à fragmentação. Enquanto que, na parte norte da bacia, Estado do Pará, há uma vasta área sem pontos de outorga, ocasionado pela baixa densidade populacional e pela grande quantidade de unidades de conservação e terras indígenas nessa região.

No entanto, mudanças nas características naturais desencadeiam problemas ambientais, como redução da evapotranspiração, aumento do escoamento superficial, afetam as trocas de água, carbono e energia entre a superfície e a atmosfera, interferindo diretamente nos recursos hídricos. Oliveira et al. (2016) ressaltam que nos últimos trinta anos, esses problemas têm aumentado em função da intensificação da pecuária provocando a busca por novas áreas, ocasionando aumento no desmatamento de grandes áreas para a implantação de pastagens, aliadas às práticas agrícolas que se apoiam em derrubada da mata e queimadas.

CONCLUSÕES

Pode-se perceber que a alteração do LULC na Bacia do Tapajós foi desencadeada pelo avanço agropecuário, que intensificou o desmatamento na Amazônia e no Cerrado. O crescimento das atividades econômicas, apesar de importante para sociedade, acarreta diversos impactos socioambientais, dentre eles, o elevado consumo da água para práticas agrícolas e a perda da biodiversidade natural.

Para manter o controle e gestão adequada dos recursos hídricos deve-se ter como base as vazões de referências para controlar a quantidade de água outorgada diante do acentuado aumento nos processos de alteração do LULC na região Amazônica. Assim, torna-se imperativo implementar medidas rigorosas e eficazes que assegurem a legalidade e certificação dos produtos agrícolas, madeireiros e minerais, afim de água em quantidade e qualidade para os múltiplos usos.

AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Pesquisa em Água, Energia e Sustentabilidade da Amazônia (GAES/UFPA) pelo auxílio no desenvolvimento do estudo, à Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) pela concessão de bolsa a autora e à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará (PROPESP/UFPA) pelo apoio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUIAR, A.P.D.; VIEIRA, I.C.G.; ASSIS, T.O.; DALLA-NORA, E.L.; TOLEDO, P.M., OLIVEIRA SANTOS-JUNIOR, R.A., BATISTELLA, M., COELHO, A.S., SAVAGET, E.K., ARAGÃO, L.E.O.C., NOBRE, C.A. AND OMETTO, J.P.H. Land use change emission scenarios: anticipating a forest transition process in the Brazilian Amazon. *Glob Change Biol*, v. 22, p. 1821-1840, 2016. <https://doi.org/10.1111/gcb.13134>
2. BBC - British Broadcasting Company Ltd. Como destruição do Cerrado é ofuscada por 'prioridade' à Amazônia. Julia Braun Role, BBC Brasil em Londres, 11 junho 2023. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cjkzpk1e77o> Acesso em: 16 de janeiro de 2024.
3. BISSENBAYEVA, S.; ABUDUWAILI, J.; SHOKPAROVA, D.; SAPAROVA, A. Variation in Runoff of the Arys River and Keles River Watersheds (Kazakhstan), as Influenced by Climate Variation and Human Activity. *Sustainability*, v. 11, n. 17: 4788, 2019. <https://doi.org/10.3390/su11174788>



4. BORETTI, A.; ROSA, L. Reassessing the projections of the World Water Development Report. *npj Clean Water*, v. 2, n. 15, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9>
5. BORGES, T. C. de S. A Gestão dos Recursos Hídricos no Pará: Uma Análise do Uso Múltiplo da Água na Região de Santarém e suas Implicações. Dissertação (Mestrado em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida) – Programa de Pós Graduação em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2019.
6. CARRERO, G. C.; FEARNSIDE, P. M.; DO VALLE, D.R. *et al.* Deforestation Trajectories on a Development Frontier in the Brazilian Amazon: 35 Years of Settlement Colonization, Policy and Economic Shifts, and Land Accumulation. *Environmental Management*, v. 66, p. 966-984, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00267-020-01354-w>
7. DIBABA, W. T.; DEMISSIE, T. A.; MIEGEL, K. Watershed Hydrological Response to Combined Land Use/Land Cover and Climate Change in Highland Ethiopia: Finchaa Catchment. *Water*, v. 12, n. 6: 1801, 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/w12061801>
8. FARINOSI, F.; ARIAS, M. E.; LEE, E.; LONGO, M.; PEREIRA, F. F.; LIVINO, A., et al. (2019). Future climate and land use change impacts on river flows in the Tapajós Basin in the Brazilian Amazon. *Earth's Future*, v. 7, p. 993-1017, 2019. <https://doi.org/10.1029/2019EF001198>
9. FEARNSIDE, P. M. Cartilha Tapajós Vivo para sempre - água para vida e não para a morte, 2009. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Tap/Outros%20documentos/CARTILHA%20TAPAJOS%20VIVO.pdf
10. FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazonica*, v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672006000300018>
11. FRANCO, V. S.; LIMA, A. M. M.; SOUZA, E. B.; SODRÉ, G. R. C.; SANTOS, D. C. Os múltiplos usos da água na bacia do tapajós na Amazônia Brasileira. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.9, p.562-580, 2021. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.009.0044>
12. IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Água, problemas complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica. Rio de Janeiro: Ipea, 2022. 281p. https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11115/1/%C3%81gua_problemas_complexos.pdf
13. JIAO, D.; WANG, D.; LV, H. Effects of human activities on hydrological drought patterns in the Yangtze River Basin, China. *Nat Hazards*, v. 104, p. 1111-1124, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04206-2>
14. LYU, J. Q.; MO, S. H.; LUO, P. P.; ZHOU, M. M.; SHEN, B.; NOVER, D. A quantitative assessment of hydrological responses to climate change and human activities at spatiotemporal within a typical catchment on the Loess Plateau, China. *Quat. Int.*, v. 527, p. 1-11, 2019.
15. MARTÍNEZ, S.; MOLLICONE, D. From Land Cover to Land Use: A Methodology to Assess Land Use from Remote Sensing Data. *Remote Sens.*, v. 4, p. 1024-1045, 2012. <https://doi.org/10.3390/rs4041024>
16. OLIVEIRA, R. R. S. de; VENTURIERI, A.; SAMPAIO, S. M. N.; LIMA, A. M. M. de; ROCHA, E. J. P. da. Dinâmica de uso e cobertura da terra das regiões de integração do Araguaia e Tapajós/PA, para os anos de 2008 e 2010. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 68/7, p. 1411-1424, Rio de Janeiro, Jul/Ago/2016. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1087738/dinamica-de-uso-e-cobertura-da-terra-das-regioes-de-integracao-do-araguaia-e-tapajospa-para-os-anos-de-2008-e-2010>
17. PATEL, S. K.; VERMA, P.; SINGH, S. G. Agricultural growth and land use land cover change in peri-urban India. *Environmental monitoring and assessment*, v. 191, n. 9, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7736-1>
18. PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico. Revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico de Santarém – PA 2020 – 2023, 2019. Disponível em: https://transparencia.santarem.pa.gov.br/storage/midias/anexos/86_plano_municipal_de_saneamento_2020-2023_semdec-seminfra_versao_final_2.pdf Acesso em: 16 de janeiro de 2024.
19. PNRH - Plano Nacional de Recursos Hídricos. Plano de Ação: Estratégia Para a Implementação do PNRH 2022-2040. Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR, março, 2022. https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/plano-nacional-de-recursos-hidricos-1/pnrh_2022_para_baixar_e_imprimir.pdf
20. SALES, R. da S.; CORREA, R. S.; COSTA, O. L.; SALES, M. C. Esse rio é minha rua: análise da qualidade da água do Rio Tapajós na Orla Portuária de Santarém-PA. *Educação Ambiental e Cidadania: Pesquisa e Práticas Contemporâneas*, v. 1, 2021. [10.37885/201202487](https://doi.org/10.37885/201202487)



21. SCHEWE, J.; HEINKE, J.; GERTEN, D. et al. Multimodel assessment of water scarcity under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 111, p. 3245-3250, 2014. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222460110>
22. SERRÃO, E. A. DE O.; SILVA, M. T.; FERREIRA, T. R.; XAVIER, A. C. F.; SANTOS, C. A. DOS; ATAIDE, L. C. P. DE; PONTES, P. R. M.; DA SILVA, V. DE P. R. Climate and land use change: future impacts on hydropower and revenue for the amazon. *Journal of Cleaner Production*, v. 385: 135700, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135700>
23. SOUZA JR., C. M.; SHIMBO, Z. J.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A. A.; RUDORFF, B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; G. FERREIRA, L.; SOUZA-FILHO, P.W.M.; et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sens.* v. 12: 2735, 2020. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>
24. STINGHEN, C. M.; MANNICH, M. Diagnóstico de outorgas de captação e lançamento de efluentes no Paraná e impactos dos usos insignificantes. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 16, e. 10, 2019. <https://dx.doi.org/10.21168/reg.v16e10>
25. Trata Brasil. Ranking do Saneamento do Instituto Trata Brasil De 2023 (SNIS 2021). São Paulo, 20 de março de 2023. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2023/03/Versao-Final-do-Relatorio_Ranking-do-Saneamento-de-2023-2023.03.10.pdf Acesso em: 16 de janeiro de 2024.
26. TUCCI, C. E. M.; CHAGAS, M. F. Segurança hídrica: conceitos e estratégia para Minas Gerais. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 14, e. 12, 2017. [10.21168/reg.v14e12](https://dx.doi.org/10.21168/reg.v14e12)
27. UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (2012). O manejo dos recursos hídricos em condições de incerteza e risco. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/images/stories/biblioteca/rio_20/vis%C3%A3o_geral.pdf Acesso em: 15 jan. 24.
28. WU, C.; JI, C.; SHI, B.; WANG, Y.; GAO, J.; YANG, Y.; MU, J. The impact of climate change and human activities on streamflow and sediment load in the Pearl River basin, *International Journal of Sediment Research*, v. 34, n. 4, p. 307-321, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2019.01.002>
29. WWF - World Wide Fund for Nature. Uma visão de conservação para a bacia do Tapajós. Brasília, 2016. Disponível em: https://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/wwf_brasil_tapajos_uma_visao_de_conservacao_25abr_2016_port_web.pdf Acesso em: 15 de janeiro de 2024.
30. WWF - World Wide Fund for Nature. Nas mãos do mercado, o futuro do Cerrado: É preciso interromper o desmatamento, 2023. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/cerrado/manifestodocerrado/#:~:text=A%20principal%20causa%20de%20desmatamento,agroneg%C3%B3cio%20sobre%20a%20vegeta%C3%A7%C3%A3o%20nativa Acesso em: 16 de janeiro de 2024.