

MODELO DE ANÁLISE PARA OS IMPACTOS CUMULATIVOS DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS EM CASCATA

Silvia Sayuri Mandai¹; Evandro Mateus Moretto²; Jocilene Barros³; Evandro Albiach Branco⁴; Gustavo Arcoverde⁵; Neiva Cristina Araújo⁶; Emílio Moran⁷

1 – Silvia Sayuri Mandai. Universidade de São Paulo. silvia.mandai@usp.br

2 – Evandro Mateus Moretto. Universidade de São Paulo. evandromm@usp.br

3 – Jocilene Barros. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. jocilene.barros@inpe.br

4 – Evandro Albiach Branco. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. evandroalbiach@hotmail.com

5 – Gustavo Arcoverde. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. gustavo.arcoverde@inpe.br

6 – Neiva Cristina Araújo. Universidade de Rondônia. neiva.araujo@unir.br

7 – Emílio Moran. Michigan State University. moranef@msu.edu

RESUMO: Há importantes lacunas metodológicas para se analisar devidamente os impactos cumulativos de um conjunto de empreendimentos, considerando as complexidades e interações entre os impactos. Esse é o caso de aproveitamentos hidrelétricos, os quais afetam funções ecossistêmicas de forma significativa, especialmente quando em cascata. Assim, o presente trabalho propõe uma abordagem metodológica para analisar os impactos cumulativos de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) em cascata na fase de operação pela perspectiva dos sistemas socioecológicos e analisa as mudanças de uso e cobertura da terra de sete PCHs na sub-bacia Guaporé no estado de Rondônia. Foram utilizadas as classificações do MapBiomas, considerando um *buffer* de 50km linear aos rios Branco e Saldanha para 3 períodos: início da operação da primeira PCH (1999); último ano disponível do MapBiomas, quando todas as PCHs estão em operação (2020); e ano intermediário (2011), quando a quarta PCH entrou em operação. A formação florestal apresentou perdas sucessivas (total de 3.393 km²), com maiores perdas entre 1999 e 2011. A maior parte dessa cobertura vegetal se converteu em pastagem e agricultura anual, classes que tiveram maior aumento de 1999 a 2020. As demais classes tiveram pouca variação em porcentagem e área. Portanto, observou-se que as mudanças de uso e cobertura da terra podem representar um testemunho relevante das diversas alterações ecossistêmicas causadas por PCHs em cascata em distintos intervalos de tempo, podendo se revelar uma abordagem para a avaliação de impactos cumulativos.

Palavras-Chave: Amazônia; Avaliação de Impactos; Bacia do rio Madeira; Energia hidroelétrica; Uso e cobertura da terra.

DOI: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.16735135>

ABSTRACT: There are important methodological gaps in analyzing the cumulative impacts of a set of projects, considering the complexities and interactions between impacts. This is the case of hydroelectric power plants, which affect ecosystem functions significantly, in special, when in cascade. Thus, the present study proposes a methodological approach to analyze the cumulative impacts of Small Hydropower Plants (SHP) in cascade in the operational phase, using the socio-ecological systems approach, as well as analyzes the land use and land cover change associated with seven SHP in the sub-basin Guaporé in the state of Rondônia - Brazil. We used the MapBiomass classifications, considering a linear 50km buffer for the rivers Branco and Saldanha for 3 periods: beginning of operation of the first SHP (1999); last year available from MapBiomass, when all SHPs are in operation (2020); and the intermediate year (2011), when the fourth SHP came into operation. Forest formation had successive losses (total of 3,393 km²), with greater losses between 1999 and 2011. Most of forest cover was converted into pasture and annual agriculture, classes that had the greatest increase from 1999 to 2020. The other classes had little variation in percentage and area. We noted that changes in land use and land cover can represent a relevant testimony of the diverse ecosystem changes caused by SHPs in cascade at different time intervals, and may prove to be an approach for the assessment of cumulative impacts.

Keywords: Amazon; Hydropower; Impact Assessment; Land Use and Cover Change; Madeira basin.

INTRODUÇÃO: Os impactos cumulativos são impactos sucessivos e incrementais resultantes da combinação de múltiplas ações humanas ao longo do tempo e do espaço (CEQ, 1973; CLARK, 1994; SPALING, 1994; IFC, 2013; FOLEY et al., 2017). Dessa maneira, os impactos cumulativos podem resultar de ações que são individualmente menores e não significativas, mas que, coletivamente, tornam-se significativas (CEQ, 1973; SPALING, 1994; IFC, 2013). Um exemplo é o caso de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), construídas e/ou planejadas no mesmo rio ou bacia hidrográfica, que têm seus impactos aumentados por estarem em cascata (IFC, 2013; BAKKEN et al., 2012; ATHAYDE et al., 2019a). Muitas dessas alterações afetam os modos de vida e subsistência das populações humanas, as quais apresentam

interdependência com as funções ecossistêmicas (e.g., ROQUETTI, 2018; WILLSTEED et al., 2018).

Diferentemente da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), a Avaliação dos Impactos Cumulativos (AIC) é focada na análise dos impactos sobre os Componentes Ambientais e Sociais Selecionados (CASS), os quais podem ser recursos ambientais ou culturais, ecossistemas, espécies de especial interesse, comunidades ou serviços ecossistêmicos (CANTER; ROSS, 2010; SÁNCHEZ, 2020). Ao se analisar os impactos cumulativos, é necessário ter uma abordagem holística do sistema ambiental, levando em consideração as múltiplas perturbações, a natureza das fontes, a interação entre os impactos, os limites espaciais, o horizonte temporal, bem como a resiliência e capacidade de suporte dos receptores (CLARK, 1994; SPALING, 1994).

Um dos pontos principais da AIC é estabelecer os métodos apropriados para se analisar os impactos cumulativos (CANTER; ROSS, 2010), apesar de lacunas de ordem metodológica, visto que há poucas diretrizes na determinação dos CASS, em vista das incertezas científicas, políticas e institucionais (CANTER; ROSS, 2010). De modo geral, os CASS devem ser selecionados com base nas condições de degradação ambiental, da ocorrência de espécies ou habitats protegidos e da presença de outras ações humanas afetando os CASS. Depois de escolhidos os CASS, é necessário entender como os impactos de um grupo de projetos ou de diversas ações antrópicas em determinada região se acumulam sobre determinados CASS (SÁNCHEZ, 2020).

Entre as boas práticas sobre impactos cumulativos está o estabelecimento de *frameworks* generalistas para determinados CASS, associando diversos métodos já empregados na AIA (CANTER; ROSS, 2010), visando a assegurar a sustentabilidade da biodiversidade e suas funções ecossistêmicas. Várias ferramentas têm sido empregadas, como é o caso da análise espacial por meio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (CANTER; ROSS, 2010; ATKINSON; CANTER, 2011). Um exemplo dessa aplicação foi na análise dos impactos cumulativos de grandes projetos de infraestrutura no litoral norte do estado de São Paulo, a fim de verificar se a presença dos megaprojetos revelava um modelo de crescimento econômico sem desequilíbrio ambiental ou se intensificava os problemas da região (TEIXEIRA, 2013).

Os aproveitamentos hidrelétricos de bacias hidrográficas interagem ao longo do tempo e do espaço (SEITZ et al., 2011), gerando impactos cumulativos de modos aditivo

e sinérgico, o que ameaça a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos e terrestres, incluindo as áreas úmidas e os serviços ecossistêmicos para as sociedades humanas (GALLARDO et al., 2017). Nesse sentido, a AIC busca antecipar, evitar e minimizar a ocorrência de impactos cumulativos (COOPER; SHEATE, 2004), apesar de serem relatadas deficiências e a falta de metodologias na prática desse instrumento em escala de bacia (SEITZ et al., 2011; GALLARDO et al., 2017).

Uma abordagem integradora é a dos sistemas socioecológicos afetados por aproveitamentos hidrelétricos e ações antrópicas. Assim, devem ser considerados fatores bióticos e abióticos dos ecossistemas naturais e os interesses de grupos sociais, por exemplo, para assegurar os modos de vida dos ribeirinhos e comunidades indígenas, na perspectiva da governança (ATHAYDE et al., 2019b). Apesar disso, muitos elementos dos sistemas socioecológicos têm sido desconsiderados nos processos de avaliação de impactos (e.g., ROQUETTI, 2018; ATHAYDE et al., 2019a).

Esse cenário se aplica às Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) emergentes no mundo e Brasil (BAKKEN et al., 2012; COUTO; OLDEN, 2018), como no estado de Rondônia. Apesar de seus impactos cumulativos serem pouco considerados em processos de avaliação de impacto (ATHAYDE et al., 2019a), as PCHs transformam habitats terrestres e aquáticos, especialmente quando em cascata. Nesse sentido, as mudanças de uso e cobertura da terra, analisadas por meio do SIG, podem representar um testemunho relevante das diversas alterações ecossistêmicas causadas por conjuntos de PCHs em distintos intervalos de tempo, podendo se revelar uma abordagem adequada para a avaliação de impactos cumulativos.

Assim, o presente trabalho propõe uma abordagem metodológica para analisar os impactos cumulativos de PCHs em cascata na fase de operação pela perspectiva dos sistemas socioecológicos, de modo a garantir a soberania alimentar e os modos de vida das populações. Em seguida, o estudo analisa as mudanças de uso e cobertura da terra, aplicando tal modelo, para sete PCHs em cascata em operação na sub-bacia do rio Guaporé no estado de Rondônia.

MATERIAL E MÉTODOS: De modo a avaliar como os impactos de múltiplas PCHs se acumulam sobre determinados receptores, foi elaborado um modelo de análise com base na teoria dos sistemas socioecológicos, associando as interações

entre o bem-estar humano, as funções ecossistêmicas das várzeas, os sistemas sociais, os sistemas biofísicos, os impactos à jusante de hidrelétricas na fase de operação para as áreas de várzea e outras atividades antrópicas (BAKKEN et al., 2012; KIBLER; TULLOS, 2013; GUIMBERTEAU et al., 2017; SILVA JR et al., 2018; SWANSON; BOHLMAN, 2021).

Para tanto, foi realizado um levantamento da literatura científica acerca dos principais impactos socioambientais à jusante de aproveitamentos hidrelétricos nas bases de dados Teses USP, Taylor & Francis, Web of Science e Scopus. Sobre os modos de vidas, serviços ecossistêmicos, bem-estar humano, a literatura base utilizada foi composta por MEA (2005), Roquetti (2018), Roquetti et al. (2020), Sánchez (2020), Brownlie et al. (2021) e Clavijo-Rojas (2021).

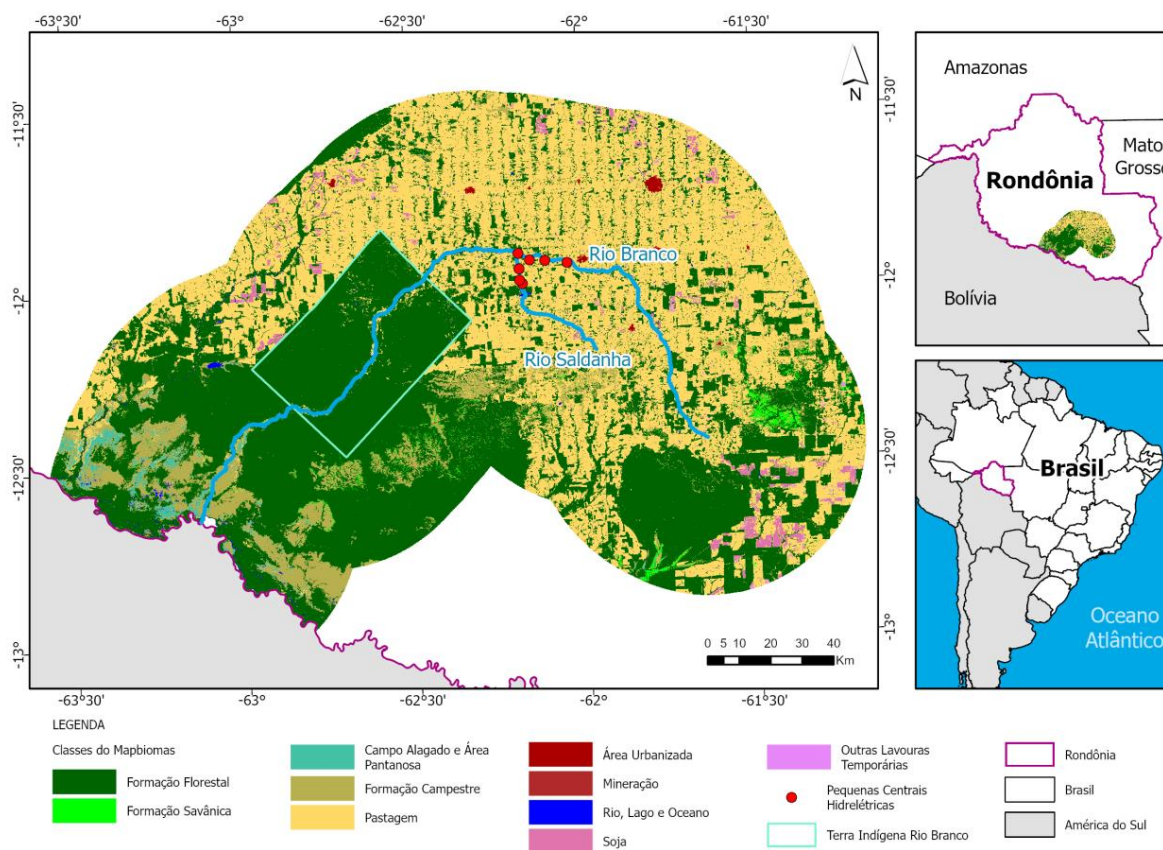
De modo a verificar a aplicabilidade desse modelo analítico, foi feita uma análise dos impactos cumulativos de uma cascata de sete PCHs, localizadas no município de Alta Floresta D'Oeste no estado de Rondônia. A Tabela 1 apresenta a relação destas PCHs. Para o estabelecimento dos limites espaciais da área de estudo, foi considerado um *buffer* linear de 50km a partir dos rios Branco e Saldanha, retirando os trechos do território boliviano. A Figura 1 apresenta a área de aplicação do estudo com a localização das PCHs. Os arquivos vetoriais foram obtidos nas plataformas da Agência Nacional de Águas (ANA), do Portal de Geoprocessamento da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Tabela 1: Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) da área de estudo, organizadas segundo a potência de geração energética (MW) e rio.

Hidrelétrica	Rio	Potência (MW)
PCH Alta Floresta	Branco	5,0
PCH Ângelo Cassol	Branco	3,6
PCH Cachoeira Cachimbo Alto	Branco	9,8
PCH Rio Branco	Branco	6,9
PCH Figueira	Saldanha	1,4
PCH Monte Belo	Saldanha	4,8
PCH Saldanha	Saldanha	5,3

Fonte: elaboração dos autores.

Figura 1: Área de aplicação do estudo, com *buffer* de 50km linear aos rios Branco e Saldanha, com a localização de sete Pequenas Centrais Hidrelétricas no estado de Rondônia – Brasil e a classificação de uso e cobertura da terra da Coleção 6 do MapBiomas para o ano de 2020.



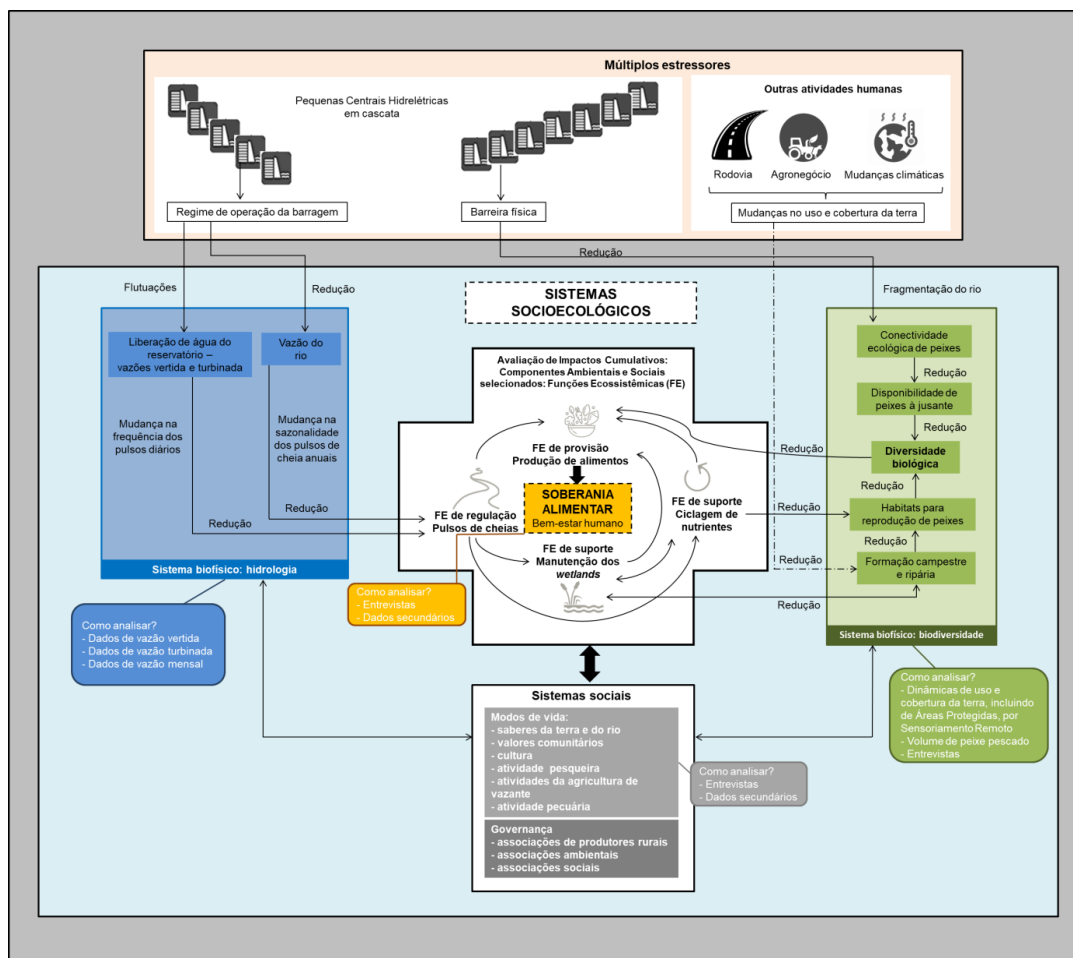
Elaborado por Silvia Sayuri Mandai (2021). Fonte de dados: IBGE (2019), ANA (2020) e MapBiomas (2020). Sistema de Coordenadas Geográficas, Datum SIRGAS 2000.

Para analisar os impactos cumulativos dessa cascata de PCHs, foram analisadas as dinâmicas de uso e cobertura da terra da área de estudo, utilizando-se dados raster disponibilizados pela Coleção 6 do projeto MapBiomas, baixados no Google Earth Engine. Foram selecionados três períodos: o início da operação da primeira PCH (1999); o último ano, quando todas as PCHs estão em operação (2020); e um ano intermediário (2011), quando a quarta PCH entrou em operação. Utilizando o *plugin r.report* no SIG QGIS 3.10, foram calculadas as áreas, em km², de cada classe para cada ano. Então, foi feita uma comparação dessas dinâmicas ao longo do tempo e do espaço.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O modelo analítico proposto por esse trabalho (Figura 2) contempla os sistemas biofísicos (hidrologia e biodiversidade), sistemas sociais (modos de vida e governança) e as mudanças de uso e cobertura da terra,

incluindo a perda de habitat, a estrutura e função das áreas úmidas, a conectividade ecológica e fluvial e os fluxos de sedimentos (BAKKEN et al., 2012; KIBLER; TULLOS, 2013; GUIMBERTEAU et al., 2017; SILVA JR et al., 2018; SWANSON; BOHLMAN, 2021). O modelo analítico focou nos impactos em escala local, na fase de operação dos aproveitamentos hidrelétricos, em relação às funções ecossistêmicas de provisão, suporte e regulação e a relação com os componentes de bem-estar.

Figura 2: Modelo analítico para se analisar os impactos cumulativos de Pequenas Centrais Hidrelétricas em cascata e em fase de operação, segundo a abordagem dos sistemas socioecológicos.



Fonte: elaboração própria.

O eixo central selecionado foi o de soberania alimentar das populações ribeirinhas afetadas por aproveitamentos hidrelétricos, ao relacionar o bem-estar humano com a agricultura de vazante, pesca e pecuária. Tal soberania está associada ao direito e autonomia das pessoas sobre suas políticas de produção, distribuição e consumo de alimentos desde seus territórios e modos de vida (SILVA, 2019). A escolha da soberania alimentar como foco se baseou no fato da agricultura, pesca e pecuária

serem dependentes dos sistemas biofísicos e social (WILLSTEED et al., 2018). A soberania alimentar para os agricultores rurais de áreas de várzea é dependente de outras funções ecossistêmicas, tais como a ciclagem de nutrientes (suporte), a manutenção das áreas úmidas (suporte), os pulsos de cheia dos rios (regulação) e a obtenção de alimentos (provisão). Assim, todos esses elementos foram integrados ao modelo de análise, assim como representado na Figura 2.

As áreas úmidas (em inglês, *wetland*) apresentam uma interdependência com os pulsos de inundação dos rios, isto é, as variações no nível dos rios caracterizadas por períodos de inundações e de secas, influenciando direta e indiretamente nos sistemas socioecológicos da região (JUNK et al., 1989). Por exemplo, os rios de água branca³, como é o caso da bacia do rio Madeira na Amazônia, transportam água com muitos sais minerais e sedimentos férteis (JUNK et al., 2021) e assim, nas épocas de cheia, há formação de áreas alagáveis férteis ao longo dos cursos fluviais, como as várzeas (JUNK et al., 2020). Tal fertilidade é aproveitada pelos seres humanos, principalmente para a agricultura, pecuária e pesca (ROQUETTI, 2018; JUNK et al., 2020). Entretanto, com o regime de operação das barragens, há alterações nesses pulsos de cheia, tanto pela redução da vazão do rio pelo barramento quanto pelas vazões vertida e turbinada, controladas pelas empresas de hidroeletricidade. Por isso, o modelo analítico buscou englobar essa importante inter-relação entre os pulsos de cheia e vazão dos rios com a manutenção das áreas alagadas, a ciclagem de nutrientes e a produção de alimentos (Figura 2).

Além disso, as várzeas apresentam grande relevância ecológica por abrigar alta biodiversidade, grande diversidade de habitats, importância para a estocagem de água e serem importantes locais de reprodução (JUNK et al. 2012; JUNK et al., 2020). Porém, com a implantação das barragens, há perda de conectividade ecológica, o que reduz a diversidade biológica à jusantes desses empreendimentos. Por exemplo, com o barramento dos rios, há redução dos estoques de peixes à jusante, afetando a subsistência e comércio local das comunidades ribeirinhas. Ainda, com as mudanças nos regimes de cheia, há efeitos negativos para os locais de reprodução dos peixes. Portanto, cumulativamente, há muitas mudanças na soberania alimentar dos sistemas socioecológicos, impactando as comunidades rurais que dependem das funções

³ Rios turvos e com branca/acinzentada por causa da alta carga de sedimentos em suspensão (JUNK, 2020).

ecossistêmicas ligadas aos sistemas biofísicos para reproduzirem seus modos de vida e relações sociais (e.g., ROQUETTI, 2018).

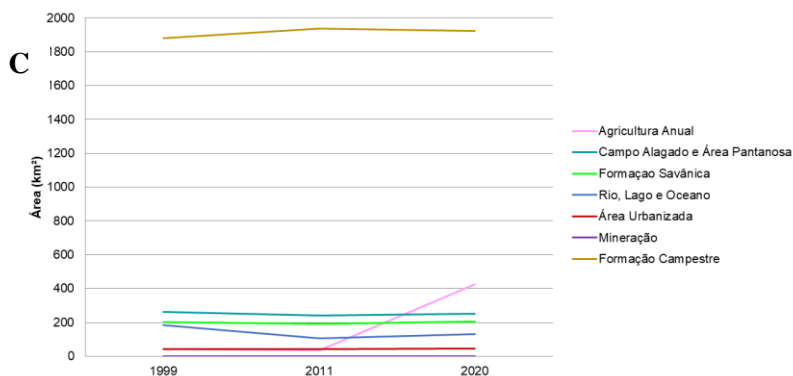
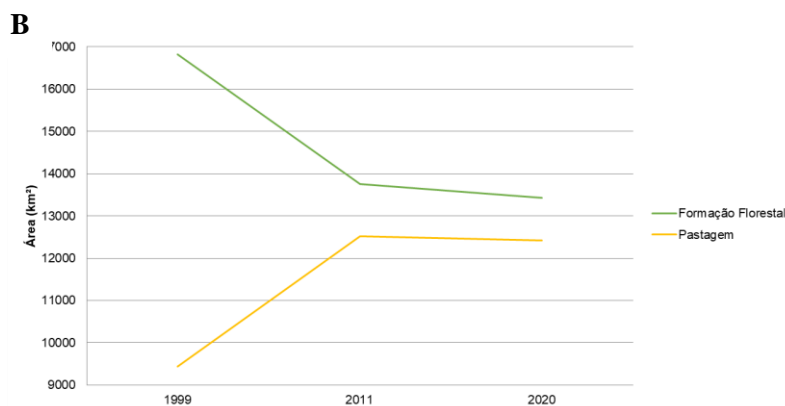
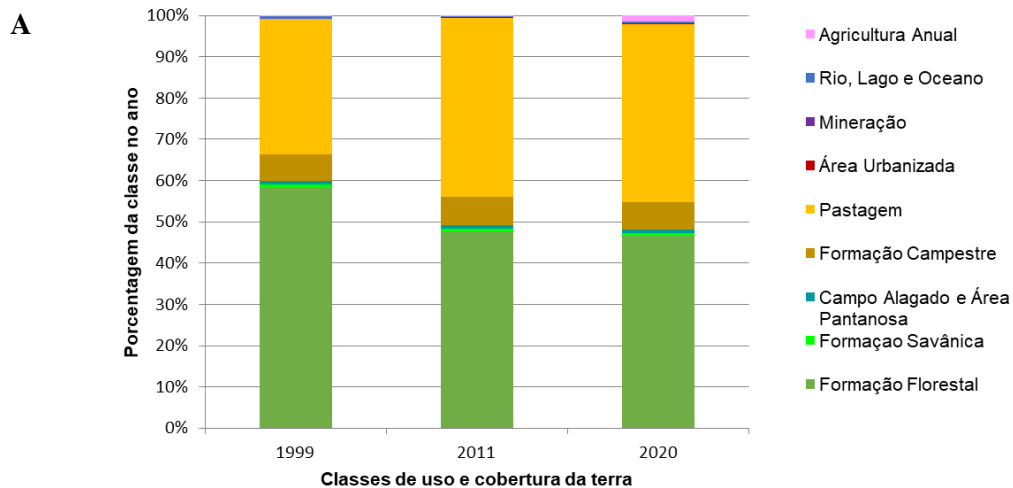
O modelo de análise proposto é uma maneira de propiciar a interdisciplinaridade entre os campos ciências ambientais, ecologia e recursos hídricos, identificados por Athayde et al. (2019b). Trata-se de uma contribuição de articular e integrar dados e conhecimentos existentes, evitando estudos fragmentados (SOUSA JÚNIOR; REID, 2010; SEITZ et al., 2011; GALLARDO et al., 2017; ATHAYDE et al., 2019b). Nesse sentido, os sistemas socioecológicos podem ser a abordagem dos CASS para se analisar impactos cumulativos, de maneira interdisciplinar. Por essa perspectiva, é possível considerar a capacidade de suporte e resiliência dos sistemas socioecológicos para assegurar a biodiversidade, processos ecossistêmicos, modos de vida e bem estar humano.

Impactos cumulativos da cascata de PCHs da sub-bacia Guaporé

Os aproveitamentos hidrelétricos são amplamente empregados no Brasil, sendo que se observa um aumento na quantia de PCHs em todo o mundo (BAKKEN et al., 2012; COUTO; OLDEN, 2018), como é o caso de Rondônia na região amazônica (ATHAYDE et al., 2019a). Como as PCHs são geralmente planejadas em conjunto ao longo do mesmo rio e/ou de seus tributários, é relevante que seus impactos cumulativos sejam analisados juntamente com outros projetos (GALLARDO et al., 2017).

Desse modo, foi feita uma análise preliminar de uso e cobertura da terra para um conjunto de sete PCHs nos rios Branco e Saldanha em Rondônia. A formação florestal da área de estudo apresentou perdas sucessivas (total de 3.393km²), com maiores perdas entre 1999 e 2011 (Figura 3). A maior parte dessa cobertura vegetal se converteu em pastagem (2.980km²) e agricultura anual (385km²), classes que tiveram maior aumento, em área, de 1999 a 2020 (Figura 3). Em termos temporais, as maiores alterações entre as classes ocorreram de 1999 à 2011, quando as três primeiras PCHs foram instaladas (Figura 3).

Figura 3: Mudanças de uso e cobertura da terra, em porcentagem (A) e em km² (B e C), por classe, ao longo dos anos 1999, 2011 e 2020.



Fonte: elaboração dos autores.

Utilizando os dados do MapBiomass, as áreas úmidas (classe campo alagado e área pantanosa) tiveram perdas de 20km² de 1999 à 2011, voltando a aumentar 9km² de 2011 à 2020. Entretanto, deve-se ressaltar que os dados do MapBiomass utilizam imagens Landsat com resolução de 30m x 30m, o que pode dificultar o reconhecimento de áreas úmidas. Assim, futuramente, este projeto de pesquisa buscará produzir dados primários complementares, por meio de processos de interpretação de imagens de maior resolução, além da realização de entrevistas em campo (em planejamento), a fim

de melhor entender as dinâmicas nas várzeas, as quais influenciam direta e indiretamente na soberania alimentar das populações ribeirinhas e indígenas, como é o caso da Terra Indígena Rio Branco (Figura 1) à jusante dessas sete PCHs.

Portanto, os resultados demonstram o potencial que o entendimento das dinâmicas de uso e cobertura da terra apresenta como suporte à AIC em escala de paisagem, revelando importantes mudanças após a operação de uma cascata de PCHs, a qual impacta os sistemas socioecológicos da região. Especificamente para o contexto amazônico, esse tipo de análise busca dar visibilidade aos impactos normalmente ignorados ou subestimados sobre os modos de vida e as interdependências entre sistemas biofísicos e sociais de uma região com alta diversidade sociobiológica (SALATI; VOSE, 1984; HANSEN et al., 2013; GALLARDO et al., 2017; ROQUETTI, 2018).

CONCLUSÃO: O presente trabalho apresenta uma contribuição metodológica para a análise dos impactos cumulativos de PCHs em cascata e em operação, levando em consideração as interdependências e inter-relações dentro dos sistemas socioecológicos. Assim, foi apresentado um modelo analítico associando os sistemas biofísicos e os sistemas sociais, trazendo as funções ecossistêmicas de provisão, suporte e regulação como CASS da AIC, bem como a soberania alimentar como foco dessas relações. Tal modelo foi aplicado para uma cascata de sete PCHs nos rios Branco e Saldanha do estado de Rondônia, analisando as mudanças de uso e cobertura da terra da área de estudo. A principal alteração é a conversão de floresta para pastagem nas áreas ao redor das PCHs ao longo do tempo. A perda de vegetação nativa pode acarretar em prejuízos à agricultura de vazante de pequenas propriedades, contudo, ainda é preciso analisar as mudanças na vazão, bem como conduzir entrevistas com os afetados pelas PCHs à jusante dos rios, os quais dependem dos ciclos de cheias, para entender melhor esses impactos à soberania alimentar. Portanto, os resultados demonstram o potencial que a utilização de dados de uso e cobertura da terra apresenta como suporte à avaliação de impactos cumulativos, indicando mudanças na região após a operação de uma cascata de PCHs, as quais estão relacionadas às funções ecossistêmicas que são afetadas pelos empreendimentos.

AGRADECIMENTOS: Gostaríamos de agradecer o apoio financeiro da FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processos nº2019/17113-9 e nº2020/07372-4), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, do CNPq através do Programa de Capacitação Institucional (PCI) e da National Science Foundation (NSF) à Rede de Pesquisa em Barragens da Amazônia/Amazon Dams Network/Red de Investigación sobre Represas Amazónicas (Processo nº1617413).

REFERÊNCIAS:

ATHAYDE, S.; DUARTE, C.G.; GALLARDO, A.L.C.F.; MORETTO, E.M.; SANGOI, L.A.; DIBO, A.P.A., et al. Improving policies and instruments to address cumulative impacts of small hydropower in the Amazon. **Energy Policy**, v. 132, p. 265–71, 2019a. doi:10.1016/j.enpol.2019.05.003.

ATHAYDE, S.; MATHEWS, M.; BOHLMAN, S.; BRASIL, W.; DORIA, C.R.C.; DUTKA-GIANELLI, J., et al. Mapping research on hydropower and sustainability in the Brazilian Amazon: advances, gaps in knowledge and future directions. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 37, p. 50–69, 2019b.

ATKINSON, S.F.; CANTER, L.W. Assessing the cumulative effects of projects using geographic information systems. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 31, n. 5, p. 457–464, 2011. doi:10.1016/j.eiar.2011.01.008

BAKKEN, T.H.; SUNDT, H.; RUUD, A.; HARBY, A. Development of small versus large hydropower in Norway comparison of environmental impacts. **Energy Procedia**, v. 20, n. 1876, p. 185–99, 2012. doi:10.1016/j.egypro.2012.03.019.

BROWNLIE, S.; TREWEEK, J.; HOWARD, J.; ROSSOUW, N.; VAN DER MERWE, L.; FACTOR, G.; HUGHES, J. Connecting people’s wellbeing and biodiversity in impact assessment. **International Association for Impact Assessment**, n. 23, 2021.

CANTER, L.; ATKINSON, S.F. Adaptive management with integrated decision making: An emerging tool for cumulative effects management. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 28, n. 4, p. 287–97, 2010. doi:10.3152/146155110X12838715793002

CANTER, L.; ROSS, B. State of practice of cumulative effects assessment and management: The good, the bad and the ugly. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 28, n. 4, p. 261–268, 2010. doi: 10.3152/146155110X12838715793200.

CEQ (U.S. Council on Environmental Quality). **Considering Cumulative Effects Under the National Environmental Policy Act**. CEQ Executive Office of the President, 1997. Disponível em: http://energy.gov/sites/prod/files/nepapub/nepa_documents/RedDont/G-CEQ-ConsidCumulEffects.pdf.

CLARK, R. Cumulative effects assessment: a tool for sustainable development. **Impact Assessment**, v. 12, n. 3, p. 319–331, 1994. doi:10.1080/07349165.1994.9725869

CLAVIJO-ROJAS, D.I. **Evaluación de Impactos Socioambientales en pequeñas comunidades bajo el enfoque de los Sistemas Socioecológicos: el caso de la minería ilícita del oro en el departamento del Chocó-Colombia**. Tesis (Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Ambiental) - Escuela de Ingeniería de São Carlos de la Universidad de São Paulo, 2021.

COOPER, L.M.; SHEATE, W.R. Cumulative effects assessment: A review of UK Environmental Impact Statements. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 22, n. 2002, p. 415–439, 2004.

COUTO, T.B.; OLDEN, J.D. Global proliferation of small hydropower plants: science and policy. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 16, p. 91–100, 2018.

FOLEY, M.M.; MEASE, L.A.; MARTONE, R.G.; PRAHLER, E.E.; MORRISON, T.H.; MURRAY, C.C.; WOJCIK, D. The challenges and opportunities in cumulative effects assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 62, p. 122–134, 2017. doi:10.1016/j.eiar.2016.06.008

GALLARDO, A.L.C.F.; SILVA, J.C.; GAUDERETO, G.L.; SOZINHO, D.W.; F. A avaliação de impactos cumulativos no planejamento ambiental de hidrelétricas na bacia do rio Teles Pires (região amazônica). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 43, p. 22–47, 2017. doi:10.5380/dma.v43i0.53818.

GUIMBERTEAU, M.; CIAIS, P.; BOISIER, J.P.; AGUIAR, A.P.D.; BIEMANS, H.; DEURWAERDER, H., et al. Impacts of future deforestation and climate change on the hydrology of the Amazon Basin: A multi-model analysis with a new set of land-cover change scenarios. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 21, n. 3, p. 1455–75, 2017.

HANSEN, M.C.; POTAPOV, P.V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S.A.; TYUKAVINA, A., et al. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. **Science**, v. 850, p. 850–854, 2013.

IFC. International Finance Corporation. **Good Practice Handbook: Cumulative Impact Assessment and Management**. IFC, 2013. Disponível em: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/58fb524c-3f82-462b-918f-0ca1af135334/IFC_GoodPracticeHandbook_CumulativeImpactAssessment.pdf?MOD=AJPERES&CVID=kbnYgl5.

JUNK, W.J. **Condições físico-químicas da água na várzea da Amazônia Central**. *In*: JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; WITTMANN, F.; SCHÖNGART, J. **Várzeas Amazônicas: Desafios para um Manejo Sustentável**. Manaus: Editora do INPA, 2020. p. 66–77.

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E. **The Flood pulse concept in river-floodplain systems**. *Proceedings of the International Large River Symposium*, v. 106, p. 110–127, 1989.

JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; WITTMANN, F.; SCHÖNGART, J. **Várzeas Amazônicas: Desafios para um Manejo Sustentável**. Manaus: Editora do INPA, 2020. 310 p.

KIBLER, K.M.; TULLOS, D.D. Cumulative biophysical impact of small and large hydropower development in Nu River, China. **Water Resources Research**, v. 49, n. 6, p. 3104–3118, 2013.

MEA. MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis**. Washington, DC: Island Press, 2005.

ROQUETTI, D.R. **Mudam as pessoas, mudam os lugares: transformações ambientais e nos modos de vida de populações deslocadas por barragens**. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

ROQUETTI, D.R., MORETTO, E.M.; ATHAYDE, S.F. Deslocamento populacional, deslocamento de modos de vida e impactos ambientais: proposição de um modelo de análise para contextos de grandes obras de infraestrutura. SINISGALLI, P.A.A.; JACOBI, P.R. A ciência e os temas emergentes em ambiente e sociedade. São Paulo: IEE-USP/PROCAM-USP, 2020. p. 51-68.

SALATI, E.; VOSE, P.B. Amazon basin: a system in equilibrium. **Science**, v. 225, n. 4658, p. 129–38, 1984.

SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

SEITZ, N.E.; WESTBROOK, C.J.; NOBLE, B.F. Bringing science into river systems cumulative effects assessment practice. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 31, n. 3, p. 172–179, 2011. doi:10.1016/j.eiar.2010.08.001

SILVA JR, O.M.; DOS SANTOS, M.A.; DOS SANTOS, L.S. Spatiotemporal patterns of deforestation in response to the building of the Belo Monte hydroelectric plant in the Amazon basin. **Interciencia**, v. 43, n. 2, p. 80–84, 2018.

SILVA, E.J.M. Sistemas alimentares, soberania alimentar e a vida das mulheres: Elementos para o debate. *In*: Instituto Políticas Alternativas para o Cone Sul. **Mulheres & Soberania Alimentar: sementes de mundo possíveis**. Rio de Janeiro: Instituto Políticas Alternativas para o Cone Sul, 2019. p. 43-57.

SOITO, J.L.D.S.; FREITAS, M.A.V. Amazon and the expansion of hydropower in Brazil: vulnerability, impacts and possibilities for adaptation to global climate change. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 3165-3177, 2011.

SOUSA JR, W.C.; REID, J. Uncertainties in Amazon hydropower development: Risk scenarios and environmental issues around the Belo Monte dam. **Water Alternatives**, v. 3, n. 2, p. 249–268, 2010.

SPALING, H. Cumulative effects assessment: concepts and principles. **Impact Assessment**, v. 12, n. 3, p. 231–251, 1994. doi:10.1080/07349165.1994.9725865

SWANSON, A.C.; BOHLMAN, S. Cumulative Impacts of Land Cover Change and Dams on the Land-Water Interface of the Tocantins River. **Frontiers in Environmental Science**, v. 9, 662904, 2021. doi: 10.3389/fenvs.2021.662904

TEIXEIRA, L.R. **Megaprojetos no litoral norte paulista: o papel dos grandes empreendimentos de infraestrutura na transformação regional**. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade – Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

WILLSTEED, E.A.; BIRCHENOUGH, S.N.R.; GILLA, A.B.; JUDE, S. Structuring cumulative effects assessments to support regional and local marine management and planning obligations. **Marine Policy**, v. 98, p. 23–32, 2018.