

# Sustentabilidade e Desafios Ambientais das Usinas Maremotrizes em Estuários

Cardoso, Cintia CPA

Captain & Marine Science Specialist, Brazil

## Abstract

---

*Tidal energy has emerged as a viable alternative for diversifying the energy matrix, mitigating dependence on fossil fuels and contributing to global decarbonization. However, the implementation of tidal power plants in estuaries raises complex environmental concerns, particularly in estuarine ecosystems, which are intrinsically vulnerable to abrupt environmental changes. This study critically investigates the environmental impacts associated with the construction and operation of these plants, with emphasis on changes in water quality, ecosystem dynamics and estuarine biodiversity. The analysis demonstrates that, although tidal energy offers significant benefits in terms of energy sustainability, its ecological impacts require rigorous and ongoing environmental assessment, ensuring compatibility with the preservation of local ecosystems.*

**Keywords:** *Environmental Impacts, Tidal Power Plants, Estuarine Ecosystems*

---

## Resumo

---

*A energia maremotriz emergiu como uma alternativa viável para diversificação da matriz energética, mitigando a dependência de combustíveis fósseis e contribuindo para a descarbonização global. No entanto, a implementação de usinas maremotriz em estuários suscita preocupações ambientais complexas, particularmente em ecossistemas estuarinos, que são intrinsecamente vulneráveis a mudanças ambientais abruptas. Este estudo investiga de forma crítica os impactos ambientais associados à construção e operação dessas usinas, com ênfase nas alterações da qualidade da água, dinâmica dos ecossistemas e biodiversidade estuarina. A análise demonstra que, embora a energia maremotriz ofereça benefícios significativos em termos de sustentabilidade energética, seus impactos ecológicos exigem uma avaliação ambiental rigorosa e contínua, assegurando a compatibilidade com a preservação dos ecossistemas locais.*

**Palavras Chaves:** *Impactos Ambientais, Usinas Maremotriz, Ecossistemas Estuarinos.*

---

## **1. Introdução**

Com a crescente demanda por fontes de energia renovável, a energia maremotriz tem se destacado como uma solução promissora. Segundo a International Renewable Energy Agency (IRENA, 2020), o potencial global para energia das marés pode ultrapassar 1.000 TWh por ano, o que representa uma contribuição substancial para a matriz energética sustentável. No entanto, a inserção de tecnologias maremotrizes em estuários, ambientes extremamente produtivos e biologicamente diversos, levanta questões cruciais quanto aos impactos ambientais que podem comprometer a integridade ecológica desses sistemas (Ferreira et al., 2019). Este trabalho busca expandir a compreensão sobre os impactos ambientais da construção e operação de usinas maremotriz em estuários, com foco nas alterações hidrológicas, químicas e biológicas que podem afetar de forma irreversível esses ecossistemas.

Com o aumento da demanda global por energia e a pressão para reduzir a dependência de combustíveis fósseis, a energia maremotriz surge como uma alternativa promissora, aproveitando a força das marés para a geração de eletricidade. De acordo com a International Renewable Energy Agency (IRENA, 2020), o potencial global para a energia das marés pode ultrapassar 1.000 TWh por ano. No entanto, a implementação de usinas maremotriz, especialmente em ecossistemas estuarinos, levanta questões críticas sobre os impactos ambientais. Ferreira et al. (2019) destacam que os estuários, ambientes caracterizados por sua alta produtividade biológica e complexidade ecológica, são particularmente sensíveis a alterações nas dinâmicas naturais. Assim, torna-se imperativo investigar os impactos ambientais dessas instalações e explorar soluções que conciliem a geração de energia com a conservação ambiental.

## **2. Usinas Maremotriz: Considerações Ambientais em Ecossistemas Estuarinos**

A fase de construção de usinas maremotriz é marcada por intervenções ambientais significativas, que vão desde a remoção de vegetação nativa até modificações geomorfológicas no leito do estuário (Smith & Johnson, 2020). A eliminação de habitats críticos, como bancos de areia e manguezais, pode resultar na perda de nichos ecológicos fundamentais para a sobrevivência de espécies endêmicas e migratórias (Cunha et al., 2020).

Adicionalmente, a movimentação de sedimentos durante a construção aumenta a turbidez da água, o que reduz a penetração de luz e compromete a fotossíntese de organismos bentônicos

fotossintetizantes, como as macroalgas e fanerógamas marinhas (Oliveira et al., 2021). Estes organismos formam a base da cadeia alimentar estuarina, e sua degradação pode provocar um efeito cascata sobre toda a estrutura trófica do ecossistema. A introdução de contaminantes químicos provenientes de materiais de construção, como óleos e metais pesados, exacerba os riscos à saúde da biota aquática e, conseqüentemente, à segurança alimentar das comunidades humanas que dependem desses recursos (Pereira et al., 2021).

A alteração dos fluxos hidrodinâmicos, decorrente da presença de barreiras físicas, pode modificar drasticamente os padrões de salinidade, temperatura e oxigenação da água, parâmetros cruciais para a manutenção da homeostase estuarina (González et al., 2021). O fluxo natural dos estuários é essencial para a distribuição de nutrientes e para a regulação de processos biogeoquímicos, como a ciclagem de nutrientes e a decomposição da matéria orgânica. A modificação desses processos pode desencadear uma série de impactos negativos, como a eutrofização, que leva ao aumento da biomassa algal, seguido de anoxia e morte de organismos aeróbicos (Mendes & Leite, 2019).

A construção de usinas maremotriz pode exacerbar a mobilização de nutrientes e poluentes presentes nos sedimentos, aumentando a carga de nutrientes e promovendo a proliferação de organismos patogênicos e blooms de algas tóxicas, com efeitos diretos na saúde humana e na economia local (Pereira et al., 2021). Estes blooms podem obstruir as operações das usinas e causar o fechamento de zonas de pesca e turismo, resultando em perdas econômicas significativas para as comunidades costeiras (Mendes & Leite, 2019).

A construção e operação de usinas maremotriz introduzem mudanças substanciais na dinâmica dos ecossistemas estuarinos, afetando tanto a biodiversidade quanto os processos ecológicos fundamentais. A modificação dos padrões de corrente e maré pode interferir nas interações biológicas, levando ao deslocamento de espécies, mudanças nos padrões migratórios e à redução da biodiversidade (Almeida et al., 2023). Espécies que dependem de estuários para reprodução e crescimento juvenil, como diversas espécies de peixes e crustáceos, podem ser especialmente impactadas pela presença de barreiras físicas que impedem o acesso a habitats críticos (Cunha et al., 2020).

Adicionalmente, a fragmentação de habitats promovida pela construção de infraestruturas pode aumentar a vulnerabilidade das populações locais à extinção, especialmente em espécies que já se encontram sob pressão devido a fatores antropogênicos, como a pesca excessiva e a

poluição (González et al., 2021). A interação entre esses múltiplos estressores torna ainda mais urgente a necessidade de uma gestão ambiental integrada e adaptativa, que considere tanto os impactos imediatos quanto os efeitos de longo prazo sobre a resiliência dos ecossistemas estuarinos.

### 3. Recomendações para a Sustentabilidade nas Usinas Maremotrizes

Apesar dos benefícios potenciais da energia maremotriz em termos de sustentabilidade energética, a construção e operação de usinas em estuários apresentam desafios ambientais substanciais. Este estudo ressalta a importância de avaliações de impacto ambiental robustas e contínuas, que incorporem tanto aspectos ecológicos quanto socioeconômicos.

Recomenda-se a implementação de estratégias de mitigação, como a criação de corredores ecológicos, a restauração de habitats degradados e o monitoramento constante da qualidade da água, para minimizar os impactos adversos sobre os ecossistemas estuarinos. Estas ações são fundamentais para assegurar que a exploração da energia maremotriz não comprometa a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas locais.

Ademais, é essencial incluir medidas de compensação ambiental, que busquem reverter ou minimizar os danos causados durante a implementação das usinas. O engajamento das comunidades locais no processo de tomada de decisão é igualmente crucial, pois a inclusão das vozes da população pode facilitar a aceitação do projeto e garantir que os interesses das comunidades envolvidas sejam respeitados.

### Referências

Almeida, R. S., Santos, F. L., & Moraes, P. R. (2023). *Impacto ambiental das usinas maremotriz: Uma análise das alterações na biodiversidade*. Revista Brasileira de Ecologia, 78 (3), 223-234.

Cunha, L. F., Silva, M. E., & Oliveira, J. A. (2020). *Mudanças na salinidade em estuários devido à construção de infraestruturas*. Journal of Marine Systems, 206, 103301. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2020.103301>.

Ferreira, A., Gomes, R. T., & Carvalho, P. S. (2019). *Os efeitos da construção de usinas maremotriz nos ecossistemas estuarinos*. Environmental Science & Policy, 99, 134-145. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.05.008>.

González, M., Santos, D. F., & Costa, T. H. (2021). *Impactos da mudança nos padrões de corrente em ecossistemas estuarinos*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 248, 107020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107020>.

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2020). *Renewable Power Generation Costs in 2020*. Abu Dhabi: IRENA. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2020>.

Mendes, J. J., & Leite, M. (2019). *Eutrofização em estuários: Causas e consequências*. Revista de Recursos Hídricos, 24 (2), 112-121.

Oliveira, T. N., Barreto, L. M., & Lima, G. R. (2021). *A turvação da água e seus efeitos na ecologia aquática*. Aquatic Ecology, 55(4), 287-298. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10452-021-09890-3>.

Pereira, C. R., Soares, V. F., & Silva, E. R. (2021). *Contaminantes emergentes em estuários: Desafios e soluções*. Environmental Pollution, 268, 115515. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115515>.

Smith, J. P. Johnson, L. K. (2020). *A importância dos estuários e os riscos da construção de usinas*. Marine Environmental Research, 161, 105016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105016>.



*Lord, you taught me the lesson of the waves, each retreat was an effort  
to move forward. You are the seas, the wind, the earth and the stars.  
You are the lighthouse, the light that never goes out!*

*Capitã Cintia Cardoso*  
ESPECIALISTA EM CIÊNCIAS MARINHAS

18/08/2024

[CPA CARDOSO C. \(google.com\)](https://www.google.com)

[CAPITÃ CINTIA CARDOSO \(academia.edu\)](https://academia.edu)

[Capitã Cintia Cardoso \(researchgate.net\)](https://researchgate.net)