

IMPACTOS AMBIENTAIS DE EMPREENDIMENTOS FOTOVOLTAICOS: UM GUIA DE IDENTIFICAÇÃOMaria Denize Dias Pinto¹ (IC), Maria Rita Raimundo e Almeida (PQ)¹¹ Universidade Federal de Itajubá**Palavras-chave:** AIA. Estudo de Impacto Ambiental. Licenciamento ambiental. Usina fotovoltaica.**Introdução**

A crescente demanda global por fontes de energia renovável tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis capazes de contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e para a diversificação da matriz energética (Silva et al., 2024). Em 2024, segundo a *International Renewable Energy Agency* (IRENA), o mundo registrou o maior crescimento já observado na capacidade de geração renovável, com a adição de 585 gigawatts (GW), sendo que a energia solar respondeu por mais de três quartos desse total (IRENA, 2025). Nesse cenário, o Brasil consolidou-se como um dos principais atores, encerrando o referido ano na 6ª posição do ranking mundial de geração fotovoltaica (Casarin, 2025).

Apesar de ser considerada ambientalmente favorável, a energia solar não é isenta de impactos. A implantação e operação de usinas podem gerar alterações significativas no meio físico, biótico e socioeconômico (Turney; Fthenakis, 2011). Nesse contexto, a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) e o Licenciamento Ambiental são instrumentos de planejamento e gestão ambiental (Brasil, 1981) capazes de identificar e mitigar esses impactos, sendo que, para atividades causadoras de significativo impacto ambiental, é necessário a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) (Brasil, 1986).

Com relação ao EIA, embora auxilie na decisão sobre a viabilidade ambiental de um empreendimento, ele ainda apresenta dificuldades para seu aprimoramento (Schoen et al., 2016). Uma pesquisa realizada com analistas ambientais do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) identificou que a análise dos impactos ambientais é a segunda área mais deficitária nos EIA, sendo relatado falhas na previsão e avaliação dos impactos, minimização dos impactos e falta de ligação entre impactos e medidas mitigadoras devido à má identificação dos mesmos (Almeida et al., 2016).

Essa ausência de sistematização dos impactos ambientais compromete a efetividade da AIA, podendo resultar em decisões equivocadas, atrasos no Licenciamento e aumento dos custos do processo (Morgan, 2012). Nesse contexto, o desenvolvimento de métodos de identificação de impactos torna-se essencial, pois pode auxiliar os proponentes de projetos na compreensão dos principais efeitos associados ao empreendimento, apoiar os órgãos ambientais na elaboração de Termos de Referência (TR) e orientar os consultores na elaboração de estudos mais consistentes.

Dessa forma, o presente trabalho visa elaborar um guia de identificação de impactos ambientais para usinas fotovoltaicas, a fim de contribuir para o aprimoramento do processo de AIA desses empreendimentos, especificamente na elaboração dos estudos envolvidos.

Metodologia

A identificação dos impactos ambientais foi conduzida por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), baseada no protocolo PRISMA (Page et al., 2021) e da análise de EIA de empreendimentos fotovoltaicos licenciados em âmbito estadual em diferentes estados brasileiros.

A busca de trabalhos na RSL ocorreu em 18 de janeiro de 2025, na base de dados *Scopus*, utilizando uma *string* que combinou descritores relacionados a sistemas fotovoltaicos e impactos ambientais, com filtros para excluir áreas não pertinentes e limitar o período de publicações a 2015–2025. Após triagem dos títulos e resumos, doze artigos foram selecionados para leitura completa, resultando em oito trabalhos incluídos na análise final. Para ampliar o conjunto, aplicou-se o método bola de neve, incorporando mais cinco artigos a análise.

Complementarmente, em 23 de janeiro de 2025, realizou-se a consulta aos EIA de empreendimentos fotovoltaicos licenciados entre 2015 e 2025, por meio do portal eletrônico dos órgãos ambientais. Foram obtidos 98

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

estudos provenientes do Pará (1), Ceará (35), Paraíba (8), Piauí (25), Rio Grande do Norte (27) e Sergipe (2). Dado o elevado volume, optou-se por analisar os EIA até que se atingisse o ponto de saturação das informações, o que foi alcançado com 31 estudos.

Em ambos os métodos, os impactos ambientais apresentados foram extraídos, organizados em planilhas do Excel e agrupados, compondo uma lista preliminar.

Em seguida, os impactos foram organizados segundo a fase do empreendimento (planejamento, implantação ou operação), o meio afetado (físico, biótico ou antrópico) e a sua natureza (positiva ou negativa). Antes dessa sistematização, porém, foi necessário revisar os enunciados dos impactos extraídos dos EIA, uma vez que muitos apresentavam caráter genérico ou vago, sendo, por vezes, confundidos com aspectos ambientais. Além disso, diversos impactos foram atribuídos a múltiplos meios, o que contraria o princípio de que, embora um impacto possa interagir com diferentes componentes, há sempre um meio predominante mais diretamente afetado.

Dessa forma, os enunciados foram reformulados para torná-los mais sintéticos, autoexplicativos e focados no sentido da alteração ambiental provocada, conforme recomendado por Sánchez (2020), sendo também redefinido o meio afetado para aquele de maior expressividade em termos de alteração ambiental.

Resultados e discussão

A integração dos resultados provenientes da RSL (36 registros) e dos EIA (80 registros) resultou em um guia com 81 impactos ambientais de usinas fotovoltaicas. Os resultados obtidos nas duas fontes mostraram-se amplamente convergentes, visto que apenas três impactos presentes na RSL não foram encontrados nos EIA, revelando alinhamento entre os impactos identificados na prática e aqueles discutidos na literatura.

A etapa de planejamento (Tabela 1) apresentou apenas 5 impactos, sendo todos inseridos no meio antrópico e de natureza majoritariamente positiva. Esses impactos derivam do conjunto de atividades que envolvem a realização de estudos preliminares, a obtenção de licenças e autorizações ambientais, bem como as consultas às comunidades locais. Tais processos podem influenciar a percepção da população em relação ao empreendimento e modificar as perspectivas de uso do território.

A fase de implantação (Tabela 2) concentrou 44

impactos, distribuídos principalmente no meio antrópico (21), seguido pelo físico (12) e pelo biótico (11). Trata-se da etapa mais crítica, caracterizada pela mobilização do canteiro de obras, grande fluxo de pessoas, circulação de veículos pesados, supressão da vegetação, movimentação de solo, execução de obras de infraestrutura e instalação dos painéis. Apesar de benefícios pontuais, como o aumento na oferta de empregos e de melhorias na infraestrutura viária, os registros negativos (37) superaram amplamente os positivos (7).

Tabela 1 - Impactos Ambientais esperados durante a fase de planejamento

Impacto	Meio	Natureza
Geração de expectativa na população	A	N
Aumento da contratação de serviços especializados	A	P
Aumento de processos de regularização fundiária	A	P
Valorização imobiliária	A	P
Aumento do conhecimento técnico-científico sobre a região	A	P

Fonte: autoria própria, 2025.

Tabela 2 - Impactos Ambientais esperados durante a fase de implantação

Impacto	Meio	Natureza
Aumento de processos erosivos	F	N
Aumento da compactação do solo	F	N
Redução da recarga do aquífero	F	N
Aumento de áreas degradadas	F	N
Contaminação do solo por vazamento de óleos e combustíveis	F	N
Contaminação das águas superficiais e subterrâneas por vazamento de óleos e combustíveis	F	N
Aumento do assoreamento de corpos hídricos	F	N
Aumento do escoamento superficial das águas	F	N
Perda da cobertura vegetal do solo	F	N
Aumento da concentração de material particulado no ar	F	N
Alteração no microclima local	F	N
Aumento dos níveis de ruídos	F	N
Perda de indivíduos da flora	B	N
Perda de indivíduos da fauna	B	N
Aumento do risco de atropelamento da fauna	B	N
Fuga e afugentamento da fauna	B	N

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

Perda e fragmentação de habitat	B	N
Redução da biodiversidade	B	N
Perda da variabilidade genética	B	N
Aumento da vulnerabilidade de espécies ameaçadas	B	N
Aumento da fauna sinantrópica	B	N
Aumento do efeito de borda	B	N
Aumento da pressão de caça	B	N
Interferência no cotidiano da população	A	N
Aumento de pressão sobre a infraestrutura viária	A	N
Melhoria na malha viária e nas vias de acesso	A	P
Aumento dos acidentes de trabalho	A	N
Aumento da oferta de empregos	A	P
Aumento da geração de renda	A	P
Aumento da capacitação da mão de obra	A	P
Degradação de patrimônio histórico e arqueológico	A	N
Aumento do risco de transmissão de doenças	A	N
Incremento no mercado de bens e serviços	A	P
Sobrecarga na infraestrutura e nos serviços públicos	A	N
Aumento populacional na área de influência	A	N
Aumento de riscos de acidentes viários	A	N
Aumento na arrecadação tributária	A	P
Dispensa da mão de obra	A	N
Aumento da qualidade de vida das pessoas	A	P
Alteração do uso e ocupação do solo	A	N
Aumento de acidentes com animais peçonhentos	A	N
Aumento da geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos	A	N
Aumento do consumo de água	A	N
Alteração da paisagem local	A	N

Fonte: autoria própria, 2025.

Durante a operação, as atividades são voltadas para a manutenção e monitoramento do sistema fotovoltaico. Isso inclui limpeza periódica dos painéis solares, manutenção preventiva e corretiva de equipamentos elétricos, poda e controle da vegetação e inspeções regulares das estruturas e sistemas de segurança. Nessa fase (Tabela 3), foram identificados 32 impactos ambientais, com maior concentração no meio antrópico (17), seguido pelo meio físico (11) e pelo biótico (4). Apesar de existirem 12 impactos positivos, a maioria

ainda é negativa (20).

Tabela 3 - Impactos Ambientais esperados durante a fase de operação

Impacto	Meio	Natureza
Aumento de processos erosivos	F	N
Contaminação do solo por vazamento de óleos e combustíveis	F	N
Aumento do assoreamento de corpos hídricos	F	N
Aumento do escoamento superficial das águas	F	N
Redução da recarga do aquífero	F	N
Contaminação das águas superficiais e subterrâneas por vazamento de óleos e combustíveis	F	N
Redução na emissão de GEE	F	P
Aumento dos níveis de ruídos	F	N
Aumento do risco de incêndio	F	N
Alteração no microclima local	F	N
Redução da geração de energia elétrica em períodos de pouca irradiação solar	F	N
Fuga e afugentamento da fauna	B	N
Aumento da fauna sinantrópica	B	N
Aumento da pressão de caça	B	N
Aumento de colisão da avifauna com as estruturas	B	N
Aumento na arrecadação tributária	A	P
Incremento no mercado de bens e serviços	A	P
Diversificação da matriz energética nacional	A	P
Valorização imobiliária	A	P
Atração de novos investimentos	A	P
Aumento da capacitação da mão de obra	A	P
Aumento de acidentes de trabalho	A	N
Aumento da geração de renda	A	P
Aumento da oferta de empregos	A	P
Aumento do risco de transmissão de doenças	A	N
Aumento na demanda hídrica na região	A	N
Aumento na oferta de energia elétrica	A	P
Alteração da paisagem local	A	N
Aumento da geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos	A	N
Aumento de acidentes com animais peçonhentos	A	N
Redução da necessidade de expansão da rede de transmissão elétrica	A	P

“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”

Redução da dependência de combustíveis fósseis	A	P
--	---	---

Fonte: autoria própria, 2025.

Em resumo, dos 81 impactos ambientais indicados no guia, 5 referem-se à fase de planejamento, 32 à operação e 44 à implantação, sendo 58 de natureza negativa e 23 positiva. Quanto ao meio de incidência, 15 impactos estão associados ao meio biótico, 23 ao meio físico e 43 ao meio antrópico. Observa-se que o meio antrópico concentra o maior número de impactos, com equilíbrio entre 21 impactos negativos e 22 positivos.

Conclusões

O guia apresentado neste trabalho indica 81 impactos esperados nas diferentes fases de empreendimentos fotovoltaicos, incluindo planejamento, instalação e operação. De acordo com os resultados, pode-se observar que o maior número de impactos ocorre durante a fase de implantação, seguida pela fase de operação, sendo boa parte desses impactos de natureza negativa e incidindo sobre os meios antrópico, físico e biótico.

Com base nesse panorama, o guia pode servir como ferramenta para apoiar a identificação de impactos ambientais em novos empreendimentos fotovoltaicos, oferecendo subsídios para o aprimoramento do processo de Avaliação de Impacto Ambiental.

Cabe ressaltar que o guia não tem a intenção de esgotar todos os impactos possíveis, pois cada empreendimento apresenta características singulares, e novos impactos podem surgir de acordo com as particularidades do ambiente. No entanto, representa uma ferramenta extremamente útil.

Agradecimentos

Expresso minha gratidão ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio e financiamento desta pesquisa e à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) pela oportunidade de aprendizado e crescimento acadêmico. À minha orientadora, Maria Rita Raimundo e Almeida, sou grata pela confiança e acompanhamento dedicado ao longo de todo o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências

ALMEIDA, A. N.; OLIVEIRA, N. B.; SILVA, J. C. G. L.;

ANGELO, H. Principais deficiências dos Estudos de Impacto Ambiental. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, [online], v. 3, n. 4, p. 3-14, jun. 2016.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1981.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 1, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1986.

CASARIN, R. **Brasil é 6º colocado no ranking global de energia solar de 2024**. Portal Solar, 2025. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/mercado/internacional/brasil-e-6o-colocado-no-ranking-global-de-energia-solar-de-2024>. Acesso em: 10 ago. 2025.

IRENA - International Renewable Energy Agency. **Renewable capacity statistics 2025**. Abu Dhabi: IRENA, 2025. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2025/Mar/IRENA_DAT_RE_Capacity_Statistics_2025.pdf. Acesso em: 10 ago. 2025.

MORGAN, R. K. **Environmental impact assessment: the state of the art**. Impact Assessment and Project Appraisal, v. 30, n. 1, p. 5–14, Mar. 2012.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, London, v. 372, n. 71, 2021.

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

SCHOEN, C.; SCHULTZ, J.; HEINZ, K.; GROTT, S. C.; PINHEIRO, A. Environmental impact assessment: potentials, deficiencies and prospects from developers and evaluators. **Sustainability in Debate**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 257–270, 2016.

SILVA, C. M. A. et al. Sustainable energy in Brazil: challenges and opportunities for the coming years. **Seven Editora**, [S. l.], 2024. Disponível em: <https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/view/4228>. Acesso em: 10 ago. 2025.

TURNEY, D.; FTHENAKIS, V. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 3261–3270, ago. 2011.