



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JULIO DE MESQUITA FILHO”**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS**



Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Geografia

**IMPACTOS AMBIENTAIS E REGULAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS DE ENERGIA  
SOLAR FOTOVOLTAICA: ESTUDO DE CASO DA USINA FOTOVOLTAICA DE  
ARINOS**

**Fernanda Patricio Manaia**

**Prof. Dr. Rodrigo Silva Lemos**

Rio Claro (SP)  
2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Câmpus de Rio Claro

FERNANDA PATRICIO MANAIA

IMPACTOS AMBIENTAIS E REGULAÇÃO DE  
EMPREENDIMENTOS DE ENERGIA SOLAR  
FOTOVOLTAICA: ESTUDO DE CASO DA USINA  
FOTOVOLTAICA DE ARINOS

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro,  
da Universidade Estadual Paulista Júlio  
de Mesquita Filho, para obtenção do grau  
de Bacharel em Geografia.

Rio Claro - SP

2025

M266i

Manaia, Fernanda Patricio

Impactos ambientais e regulação de empreendimentos de energia solar fotovoltaica : estudo de caso da usina fotovoltaica de Arinos / Fernanda Patricio Manaia. -- Rio Claro, 2025

57 f. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

Orientador: Rodrigo Silva Lemos

1. Energia Fontes alternativas. 2. Energia Fotovoltaica. 3. Impacto Ambiental. 4. Licenciamento Ambiental. I. Título.

FERNANDA PATRICIO MANAIA

IMPACTOS AMBIENTAIS E REGULAÇÃO DE  
EMPREENDIMENTOS DE ENERGIA SOLAR  
FOTOVOLTAICA: ESTUDO DE CASO DA USINA  
FOTOVOLTAICA DE ARINOS

Trabalho de Graduação apresentado ao  
Instituto de Geociências e Ciências  
Exatas - Câmpus de Rio Claro, da  
Universidade Estadual Paulista Júlio de  
Mesquita Filho, para obtenção do grau de  
Bacharel em Geografia.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Rodrigo Silva Lemos

Profa. Dra. Dayana Almeida

Me. Pedro Pellegrini Coutinho Rodrigues Leal

Rio Claro, 02 de dezembro de 2025.

Assinatura do(a) aluno(a)

assinatura do(a) orientador(a)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu Prof. Dr. Rodrigo Silva Lemos por ter aceitado esse desafio, me incentivando e apoiando desde o início. Em especial, nos momentos de nervosismo, agradeço a paciência durante toda a trajetória e o privilégio de ter sido como meu orientador.

A minha família, por sempre me incentivar a dar o meu melhor nos estudos, com muito apoio e incentivo ao longo do trabalho.

Aos meus amigos, em especial Pedro Pellegrini Coutinho Rodrigues Leal, Ingrid Steiner Tordivelli e Diandra dos Santos Moura, que foram muito importantes para mim durante esse caminho.

Ao meu namorado Luigi Di Felice Germano, pelo carinho, muita paciência e apoio durante o desenvolvimento desse trabalho.

## RESUMO

A crescente demanda por fontes de energia renovável tem impulsionado a expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil, gerando debates sobre suas implicações socioambientais. Este trabalho analisa os desafios regulatórios associados a esses empreendimentos, considerando sobre o seu porte e potenciais impactos. A pesquisa discute a complexa interação entre a geração de energia limpa e seus impactos, incluindo o desmatamento, a perda de biodiversidade e a alteração da paisagem. O estudo aborda o papel do licenciamento ambiental como ferramenta de mitigação, analisando a legislação pertinente, como as resoluções CONAMA e as deliberações normativas do COPAM-MG. Foi realizada pesquisa bibliográfica e documental considerando os principais marcos regulatórios e instrumentos normativos associados à geração de energia solar fotovoltaica. Além disso, foram realizadas entrevistas com gestores e partes interessadas, associadas ao licenciamento e controle ambiental. Portanto, foi possível compreender a importância da energia solar para a transição energética, no entanto, para que tal transição ocorra de forma a mitigar impactos, tanto ao meio ambiente quanto a sociedade, é necessário inferir a necessidade de aprimoramento de marcos regulatórios e processos de licenciamento ambiental para assegurar um desenvolvimento sustentável e estratégico a longo prazo.

**Palavras-Chave:** Energia Fotovoltaica; Impacto Ambiental; Licenciamento Ambiental.

## **ABSTRACT**

The growing demand for renewable energy sources has driven the expansion of photovoltaic solar energy in Brazil, generating debate about its socio-environmental implications. This paper analyzes the regulatory challenges associated with these projects, considering their scale and potential impacts. The research discusses the complex interaction between clean energy generation and its impacts, including deforestation, biodiversity loss, and landscape alteration. The study addresses the role of environmental licensing as a mitigation tool, analyzing the relevant legislation, such as CONAMA resolutions and COPAM-MG normative deliberations. Bibliographic and documentary research was conducted considering the main regulatory frameworks and normative instruments associated with photovoltaic solar energy generation. Interviews were also conducted with managers and stakeholders involved in environmental licensing and control. Therefore, it was possible to understand the importance of solar energy for the energy transition. However, for this transition to occur in a way that mitigates impacts on both the environment and society, it is necessary to infer the need to improve regulatory frameworks and environmental licensing processes to ensure sustainable and strategic development in the long term.

**Keywords:** Photovoltaic Energy; Environmental Impact; Environmental Licensing.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AIA - Avaliação de Impacto Ambiental

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CEMA – Centro de Mecânica Aplicada

CF - Constituição Federal

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

GW - Gigawatts

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

IEA - Agência Internacional de Energia

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MW – Megawatts

MWp – Megawatts – pico

PNLA – Portal Nacional de Licenciamento Ambiental

RIMA - Relatório de Impacto Ambiental

SIAM – Sistema de Informações Ambientais

WEO – World Energy Outlook

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem da Usina Fotovoltaica de Arinos - MG .....	12
Figura 2 – Projeção Agência Internacional de Energia.....	21
Figura 3 - Geração Centralizada no Brasil de acordo com os 10 estados com maior produção .....	25
Figura 4 - etapas da Avaliação de Impacto Ambiental .....	27
Figura 5 – Painéis instalados no empreendimento em Arinos.....	35
Figura 6 – Área de Instalação de painéis fotovoltaicos em Arinos - MG .....	36
Figura 7 – Alteração na deliberação normativa 217 do COPAM .....	33
Figura 8 – Conteúdo mínimo exigido pelo EIA .....	34
Figura 8 – Estimativa de volume de resíduos gerados por placas até 2050 .....	48

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1: Percepção geral sobre a expansão da energia solar.....	38
Gráfico 2: Análise dos impactos socioambientais .....	41
Gráfico 3: Falas sobre o processo de licenciamento e a regulação ambiental.....	44
Gráfico 4: Perspectivas futuras e recomendações .....	46

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>15</b>
3.1	Objetivos específicos .....	15
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTÁICA E AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL</b> .....	<b>18</b>
5.1	Avaliação de Impactos Ambientais .....	26
5.2	Avaliação de Impacto Ambiental e licenciamento ambiental de usinas solares fotovoltaicas .....	28
5.3	O caso da Usina de Arinos – Minas Gerais .....	34
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES: AS PERCEPÇÕES E DESAFIOS PARA A AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTÁICA.</b> .....	<b>37</b>
6.1	Percepção geral sobre a expansão da energia solar FOTOVOLTAICA .....	37
6.2	Análise dos impactos socioambientais .....	39
6.3	O processo de licenciamento e regulação .....	42
6.4	Perspectivas futuras e recomendações .....	44
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>50</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de energia elétrica é uma dimensão estrutural de interesse público e coletivo e que está associada à diferentes processos econômicos e sociais. O Brasil é um país que conta com uma matriz energética diversificada, mas com alta centralidade na geração de energia a partir de hidroelétricas. A dependência histórica de fontes não renováveis, como as termelétricas que utilizam combustíveis fósseis, foi intensificada em momentos críticos como o apagão de junho de 2001, que atingiu grandes regiões da cidade de São Paulo. Segundo Rosa (2007):

Os problemas emergenciais que foram apontados incluíam a queda do mercado após o racionamento de energia elétrica de 2001, gerando excedente de energia no curto prazo e jogando para baixo o preço no mercado spot, onde as geradoras vendiam o excedente. Por determinação da regulamentação aplicada pelo governo, a partir de 2003 as geradoras federais (pertencentes à Eletrobrás) (...) tiveram seus contratos com as distribuidoras, como a Light e a Eletropaulo, progressivamente cancelados. Assim foram levadas a vender sua energia no spot, perdendo receita e reduzindo a capacidade de investir. (...) Parte dessa energia no spot servia para substituir energia contratada de usinas termelétricas, que ficavam desligadas, pois o Operador Nacional do Sistema não as despachava desde que houvesse água em nível adequado nos reservatórios das hidrelétricas. (Rosa, 2007, p. 39)

O aumento da utilização de termelétricas foi uma solução temporária, mas o uso dessas fontes, além de limitado, contribui significativamente para a emissão de gases poluentes.

O principal produto da combustão dessas fontes é o CO<sub>2</sub>, um dos principais agentes do processo de aquecimento global (efeito estufa). As quantidades lançadas na atmosfera vão depender das características próprias de cada usina e do tipo de combustível utilizado. (Silva; Carvalho, 2003, p. 347)

O Brasil, conhecido por sua abundância em recursos naturais, dispõe de uma considerável variedade de fontes renováveis, como energia hidrelétrica, eólica e solar. No entanto, essa transição não ocorre sem obstáculos. As crises hídricas, agravadas pelas mudanças climáticas, têm revelado a vulnerabilidade da geração hidrelétrica, incentivando o desenvolvimento de alternativas, como a energia solar e eólica.

As dificuldades de abastecimento de água e de geração de energia enfrentadas ao longo de 2014 se intensificarão nos futuros anos. O ano de 2015 começou com os reservatórios da Região Sudeste/Centro-Oeste com apenas 19% do total de suas capacidades. Menos da metade da quantidade de água que esses reservatórios tinham há mais de um ano, quando registravam 43% de armazenamento em 1º de janeiro de 2014 (Tsuruda, 2017, p. 6)

Porém, esses setores ainda enfrentam desafios significativos em termos de infraestrutura, regulamentação e licenciamento ambiental. No caso específico da energia solar, apesar de seu potencial como fonte limpa, há impactos ambientais que devem ser cuidadosamente geridos.

Segundo Do Nascimento, *et al*, (2024) o processo de instalação de placas solares, por exemplo, pode gerar uma série de efeitos adversos, como o aumento da temperatura local devido à intensa radiação absorvida pelas placas, conhecido também como albedo, que é capacidade de reflectância de um dado objeto. Além disso, a alteração da paisagem pode desorientar espécies de aves, levando à confusão com corpos d'água e impactando negativamente a fauna local. O desmatamento para a instalação de grandes áreas de placas solares pode resultar em erosão e empobrecimento do solo, além da geração de resíduos durante a instalação. Assim, o licenciamento ambiental e a regulação se tornam fundamentais para mitigar esses impactos e garantir que a transição para uma matriz energética mais limpa ocorra de forma equilibrada e sustentável.

Diante da necessidade de equilibrar o desenvolvimento energético com a preservação ambiental, foi escolhido o megaprojeto da Usina de Geração Solar Fotovoltaica de Arinos, localizada em Minas Gerais. Uma matéria da Agência Gov, informou que o Governo Federal investiu R\$: 121, 4 bilhões de reais pelo Novo Pac (Programa de Aceleração do Crescimento) para o Estado de Minas Gerais. Desse total, R\$: 49,9 bilhões serão investidos para a questão de transição energética. Tal aporte massivo de recursos deixa evidente a urgência de compreender como grandes projetos, como o de Arinos, lidarão com os desafios do licenciamento ambiental e impacto ambiental gerado. (Agência GOV, 2024)

Figura 1: Imagem da Usina Fotovoltaica de Arinos - MG



Fonte: Google Earth (2024)

O Complexo Solar de Jaíba 5 e a Usina de Geração Solar Fotovoltaica de Arinos, juntos, terão investimento de R\$: 3,5 bilhões de reais. No entanto, apesar do potencial energético e do aporte financeiro, esses projetos trazem uma série de consequências socioambientais significativas. O aumento do desmatamento no Cerrado, que é uma das áreas mais ricas em biodiversidade, já é um impacto visível, comprometendo espécies vegetais e animais locais. A redução da biodiversidade é agravada pela expansão das áreas de construção, que modificam o habitat natural da fauna. (OEKO, 2024).

De acordo com Santo (2024), em sua matéria: “Arinos, do Baru às Placas Solares” afirma: “Arinos está passando por um “boom”, atraindo mão-de-obra de outros municípios, além de profissionais de diferentes formações” (OEKO, 2024). Isto é, além dos impactos ambientais, a instalação dos complexos solares tem provocado uma pressão socioeconômica sobre as comunidades locais. Com o aumento da mão de obra temporária e o influxo de trabalhadores, os preços de aluguéis, alimentos em mercados e refeições em restaurantes subiram consideravelmente, uma realidade que tem assustado os moradores antigos, preocupados com a elevação do custo de vida. O aumento da demanda por serviços públicos, como saúde, educação e transporte, também se intensificou, e a prefeitura local não tem conseguido acompanhar a

velocidade desse crescimento, gerando insatisfação e sobrecarga nos serviços básicos da região (OECD, 2024).

## 2 JUSTIFICATIVA

Na contemporaneidade, diversos países buscam uma mudança na matriz energética, visando fontes renováveis, provenientes de uma geração de energia limpa. Segundo Pacheco (2006):

Atualmente, a nova ordem mundial é a busca pela autossuficiência em geração de energia, aliada a uma diversificação da matriz energética, ou seja, a procura por diferentes fontes de energias alternativas que supram a demanda interna dos países, no caso de uma escassez de combustíveis fósseis. (Pacheco, 2006, p. 4)

Essa pauta cresce cada vez mais em um âmbito global, evidenciado por questões ambientais, como está sendo o desafio para a diminuição da emissão de gases poluentes, além da limitação proveniente dos combustíveis fósseis, usados em geração de energia não-renovável. A crise energética envolve tanto a dificuldade no quesito ambiental quanto à limitação da disponibilidade para geração de energia não-renovável (Pacheco, 2006).

é necessário tratar a questão energética com urgência, reduzir as ações do homem no planeta e se evitar danos maiores ao planeta e à sociedade. Deve-se trabalhar na eficiência do uso da energia, ou seja, fazer mais com menos, e aumentar a cota de energias renováveis na matriz energética mundial, tem o potencial de gerar empregos e riquezas para nações, empresas e a sociedade. (Tsuruda, 2017, p.4)

Sendo assim, é possível entender a urgência em abordar a questão energética de forma responsável, por meio de ações que reduzam os impactos realizados por ações humanas, visando a redução de danos para o meio ambiental e social.

### **3 OBJETIVO GERAL**

Analisar os impactos socioambientais e os desafios regulatórios de grandes projetos de energia solar fotovoltaica no Brasil.

#### **3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar revisão bibliográfica sobre a geração de energia fotovoltaica e impactos ambientais.
- Compreender os impactos ambientais causados por grandes empreendimentos de geração de energia solar fotovoltaica
- Entender o processo de licenciamento ambiental para projetos de energia fotovoltaica no Brasil, a partir do exemplo de caso da Usina Fotovoltaica de Arinos, Minas Gerais.

## 4 METODOLOGIA

A metodologia deste estudo busca explorar e descrever de forma aprofundada os impactos ambientais e sociais associados à geração de energia solar fotovoltaica. Para ilustrar e materializar as discussões foi definido como estudo de caso o empreendimento da Usina Fotovoltaica de Arinos, em Minas Gerais.

Além disso, o estudo utilizará de forma recorrente o exemplo da Usina Fotovoltaica instalada em Arinos/Minas. A coleta de dados incluirá uma pesquisa documental em relatórios de impacto ambiental da usina, como forma de exemplificar e trazer materialidade para as discussões. Será conduzida uma análise de documentos ambientais e legislação pertinente obtidos de órgãos como: IBAMA, que há uma disponibilização de documentos referentes à licenciamento ambiental, além de estudos de impactos ambientais e relatórios técnicos; Ministério do Meio Ambiente (MMA), que oferece informações de regulação ambiental, que abordam, também, o tópico de empreendimentos de grande porte; Sistema de Informações Ambientais do SIAM – MG, proporciona monitoramento de e controle ambiental, além de consulta pública de dados, o que facilita o acompanhamento de projetos; Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), apresenta resoluções normativas e documentos técnicos sobre energia fotovoltaica; Portal da Legislação, dispõe de regulações referentes à normas ambientais e licenciamento. Isso permitirá o cruzamento dos dados coletados nas entrevistas com documentos técnicos, promovendo uma visão mais ampla e contextualizada do problema.

Ademais será realizada um processo qualitativo, com o objetivo de investigar e compreender as consequências da instalação de empreendimentos de geração de energia solar fotovoltaica. Para isso, serão realizadas entrevistas semiestruturadas, que ocorrerão de forma online, com especialistas e gestores ambientais que participam e tem atuação nessa tipologia de empreendimento e em processos de autorização ambiental associados. O ambiente virtual permite uma maior adaptação e flexibilidade com o entrevistado. As entrevistas devem abordar quesitos sociais, culturais e ambientais, que não são comumente divulgados e associados a estudos de impacto ambiental. A proposta é dialogar com especialistas para uma melhor compreensão das percepções locais e sobre questões relacionadas aos impactos do projeto. Foram escolhidos dois representantes para as entrevistas: o primeiro entrevistado é representante da Sociedade Civil Organizada no Conselho Nacional de

Meio Ambiente e tem atuação em discussões e processos normativos e de autorização ambiental de empreendimentos de energia solar fotovoltaica; o segundo entrevistado é técnico e gestor Ambiental associado à Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, do Estado de Minas Gerais e que atuou na análise e acompanhamento de empreendimentos de geração de energia solar fotovoltaica.

É proposto que as entrevistas sigam uma dimensão semi-estruturada, que de acordo com Trivinos (1987):

[...] a entrevista semi-estruturada é um, dos principais meios que tem o investigador para realizar a Coleta de Dados [...] em geral, aquela que parte de certos questionamentos básicos, apoiados em teorias e hipóteses, que interessam à pesquisa, e que, em seguida, oferecem amplo campo de interrogativas, fruto de novas hipóteses que vão surgindo à medida que se recebem as respostas do informante. (Trivinos, 1987, p. 146).

Com o intuito de assegurar os preceitos éticos da pesquisa, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi enviado inicialmente aos participantes, que eram gestores e parte interessadas ligadas ao licenciamento e controle ambiental. A leitura do termo foi feita antes do início de cada entrevista a fim de garantir total compreensão dos objetivos e procedimentos do estudo, sendo que, para preservar a confidencialidade e integridade dos entrevistados, foi utilizado um sistema de código que impossibilita a identificação direta, isto é, cada participante foi designado pela letra "E" seguida de um número identificador (ex: E01), e cada trecho transcrito foi sequenciado pela letra "F" seguida do número da fala (ex: F02).

Ademais, a análise foi estruturada em quatro temáticas principais: a percepção geral sobre a energia solar fotovoltaica, a análise dos impactos socioambientais, o processo de licenciamento e regulação e as perspectivas futuras e recomendações. As inferências extraídas de cada temática foram classificadas de acordo com o grau de significância e aderência para a pesquisa, sendo eles: "Não Relevante", "Relevante" e "Muito Relevante". O roteiro de entrevista foi submetido ao Comitê de Ética na Plataforma Brasil.

## 5 GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

Em 1839, o físico francês Edmond Becquerel notou que quando a luz atingia um objeto de metal, era produzido um fluxo de elétrons que, por conseguinte, geravam energia. Esse fenômeno recebeu o nome de "Efeito Fotovoltaico", porém, isso não teve continuidade como pesquisa e como desenvolvimento técnico. Em 1883, esse fenômeno foi redescoberto por Charles Fritts, que criou a bateria solar, feita com folhas de selênio. Sendo assim, a primeira célula solar, feita com sua maior parte por silício, foi desenvolvida por cientistas de Bell Labs, em 1954, em que, nesta, já houve uma eficiência considerável (Teixeira, 2015).

De acordo com Prado (2018), as placas solares são feitas, em sua grande parte de silício. Para ser usado nas placas solares, ele pode ser processado em duas formas principais: monocristalina e multicristalina (ou policristalina). O silício monocristalino é obtido por meio do processo de cristalização conhecido como método *Czochralski*, no qual se forma um único cristal cilíndrico de alta pureza, posteriormente fatiado em *wafers*. Já o silício policristalino, ou multicristalino, é produzido a partir da fusão de fragmentos de silício reaproveitados, que são solidificados em blocos compostos por diversos cristais. Essa diferença no processo de fabricação afeta tanto no custo quanto na eficiência de conversão de luz em eletricidade. O silício monocristalino, devido a sua estrutura cristalina contínua, possui maior eficiência de conversão da luz solar em eletricidade (cerca de 15% de eficiência de conversão de energia), porém com custo de produção mais elevado. Todavia, o silício policristalino apresenta menor eficiência (aproximadamente 13% de eficiência energética) devido à presença de bordas de grão entre os cristais, mas seu custo de fabricação é inferior, o que o torna mais competitivo e amplamente utilizado no mercado global. (Prado, 2018)

É possível observar o aumento da energia solar fotovoltaica, que desempenha um papel importante na transição energética, uma vez que sua expansão contribui consideravelmente com a redução das emissões de gases efeito estufa, visto que que, de acordo com Lana:

(...) o cenário mundial de produção de energia através dos módulos solares fotovoltaicos, mostra que, anualmente, permite-se alcançar uma capacidade instalada de 100 GW, e ainda evitar a emissão de 70 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera. (Lana, 2015, p. 11)

De acordo com Da Silva “A energia solar fotovoltaica é renovável, ou seja, é uma fonte constante, além de ser estável e previsível.” (Da Silva *et. al*, 2020). Ademais, é um sistema benéfico para áreas que possuem difícil acesso à energia e com maiores custos de distribuição. Nesses casos é interessante entender os modelos de integração da geração de energia elétrica pelo sistema fotovoltaico. Há dois tipos de sistemas voltados à geração distribuída: “*off-grid*”<sup>1</sup> e “*on-grid*”.

O sistema *on-grid* opera de forma integrada à rede elétrica. Quando há produção de energia em excesso, essa energia é direcionada para a rede de distribuição tradicional. Esse tipo de sistema é especialmente benéfico para usuários que residem próximos às redes elétricas, já que suprime a necessidade de baterias para armazenar energia. Em contrapartida, o modelo *off-grid* se mostra mais adequado para pessoas que moram em regiões isoladas, onde não há acesso fácil às linhas de transmissão de energia. (Pereira, 2019).

As placas solares, além de apresentarem benefícios consideráveis a respeito de uma produção de energia mais limpa, há também, algumas desvantagens para se instalar um sistema fotovoltaico. Segundo Machado, Miranda (2015):

no mercado internacional, o custo dos sistemas fotovoltaicos para o consumidor final varia de US\$ 8 / Wp a US\$ 10 / Wp, em que Wp (Watt pico) é a potência máxima que o painel fotovoltaico pode atingir. Já no Brasil, esse valor é estimado em R\$ 10 / Wp, logo um sistema instalado de 1 KWp custaria R\$ 10.000,00. (Machado, Miranda, 2015, p. 128)

Além disso, não há produção de energia durante a noite, embora que em dias chuvosos e/ou nublados, ainda ocorre a produção de energia, porém, com baixo rendimento. Uma alternativa para isso é o uso de baterias para armazenagem de energia. Todavia, este apresenta elevados custos e vida útil limitada. (Machado, Miranda, 2015).

---

<sup>1</sup> “Os sistemas *off-grid* são sistemas isolados e autônomos de geração de energia solar que usam baterias conectadas e servem como dispositivos de armazenamento de energia [...] Além disso [...] no sistema *off-grid* não há ligação direta com a rede concessionária ou cooperativas energéticas. Dessa forma, ao faltar energia, o abastecimento passa a ser feito pelas reservas que ficam armazenadas no banco de baterias [...]” (Pereira, 2019, p.17).

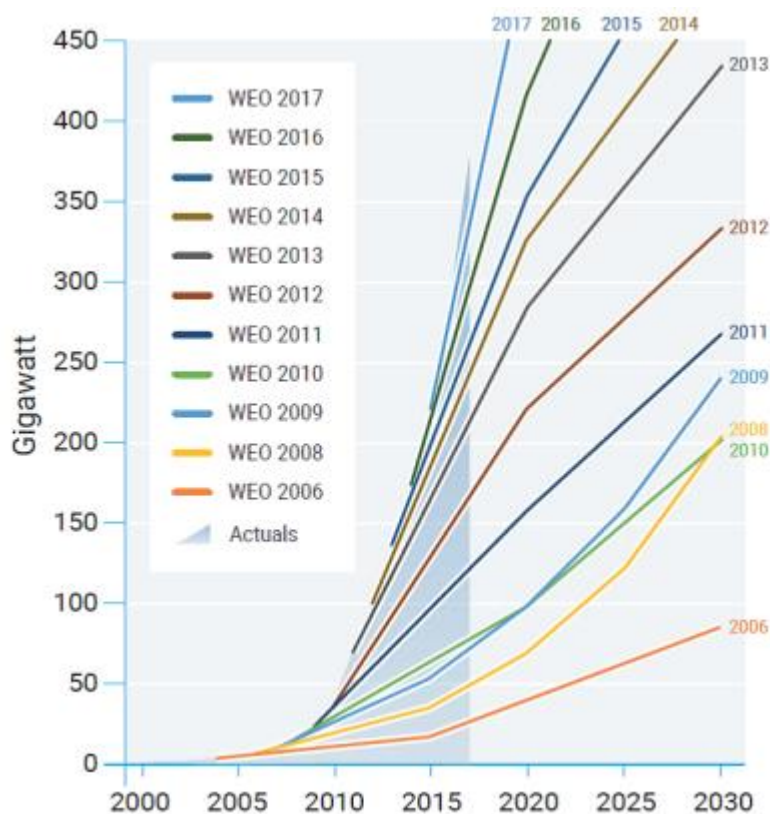
No modelo de geração de energia fotovoltaica, em especial a *on-grid*, discutido anteriormente, pode haver uma sobrecarga na rede elétrica, ocasionando em um fluxo reverso, ou seja, operando no sentido contrário da direção proveniente da concessionária ou distribuidora de energia elétrica. De acordo com Lucchese *et.al* (2018):

“ (...) o circuito apresenta uma configuração radial e, portanto, grande parte de suas proteções operam somente observando uma direção no fluxo de energia. O recurso solar utilizado na geração fotovoltaica, é uma fonte intermitente, o que pode alterar a lógica radial, provocando a inversão no fluxo de potência (...) Sendo assim, é necessário avaliar os principais efeitos que a geração fotovoltaica pode causar em uma rede elétrica de distribuição, principalmente tratando de: (...) ajuste da proteção para curto-circuito; operação ilhada; fluxo reverso.” (Lucchese *et.al*, 2018, p. 02).

De acordo com Konzen (2020), a produção de painéis fotovoltaicos corresponde a etapa de maior impacto ambiental, tendo em vista seu ciclo de vida completo. A fabricação do painel é o processo que mais causa degradação, visto que essa fase de industrialização é intensiva no consumo de energia e responsável pela emissão de poluentes e gases efeito estufa, principalmente na extração de matéria-prima e a produção de componentes como o alumínio e o vidro solar. Esse impacto é acrescido quando a manufatura ocorre em países com matrizes energéticas mais poluentes, já que o processo é intensivo em energia, e a poluição gerada pela fonte dessa energia (como a queima de carvão) fica "embutida" no impacto ambiental total do painel. Isso evidencia que a origem da produção é um fator fundamental para o contexto ambiental do sistema fotovoltaico.

Atualmente, o cenário global passa por uma transição energética de grande importância, marcado pela mudança acelerada das fontes de energia renováveis, principalmente para a energia solar e eólica. A Figura 2 apresenta todas as projeções feitas anualmente no relatório *World Energy Outlook* (WEO) da Agência Internacional de Energia (IEA) acerca da capacidade instalada de energia solar fotovoltaica, e têm sido, continuamente, superadas pelos resultados reais. Esse rápido avanço, que o relatório define como uma transformação energética, é impulsionado por diversos fatores, entre os quais se destacam a redução contínua dos custos dessas tecnologias, a diminuição da poluição, seu papel na amenização das mudanças climáticas e a admissão de políticas públicas voltadas à promoção das fontes renováveis. (Pereira; Ruther, 2021).

Figura 2 – Projeção Agência Internacional de Energia



Fonte: Pereira (2021)

De acordo com Pereira e Ruther:

A energia solar adicionou em 2017 mais capacidade instalada do que as usinas a carvão, gás e nuclear juntas. Em 2018 repetiu-se o feito, com 102 GW, ficando o carvão em segundo lugar, com 50 GW, colado com a eólica que incorporou 49 GW e o gás natural em seguida, com 46 GW (...). Já em 2019, os números foram 117 GW para a fonte solar, 61 GW de eólica e 18 GW para o carvão (...). O ano de 2020 viu a repetição da tendência de predominância da fonte solar como tecnologia com a maior capacidade instalada anualmente. Apesar da pandemia, foram instalados globalmente 141 GW (Pereira, Ruther, p.63, 2021).

A energia solar, em um cenário mundial, cresce exponencialmente visando a redução de impactos ambientais, que é gerado, principalmente, por fontes de energia não renováveis. Atualmente, os dez maiores mercados de energia do mundo possuem, cada um, uma capacidade instalada de pelo menos 20 GW. Nesse cenário, a China ocupa uma posição de destaque na geração de energia solar, não apenas por operar mais de 400 GW, mas também por ser o principal polo de fabricação de painéis solares e de outros elementos essenciais para o mercado fotovoltaico (Portal Solar, 2021).

Segundo pesquisa conduzida pela Universidade de Exeter e pela Universidade de Londres, o mundo já pode ter ultrapassado o “ponto de não retorno” que tornará a solar fotovoltaica a principal fonte de energia. O estudo mostra que a energia solar deverá ser a fonte dominante antes de 2050, mesmo sem o apoio de políticas climáticas ambiciosas (Portal Solar, 2021).

Na atualidade, a energia solar ganha cada vez mais presença na matriz elétrica brasileira. Baseada no aproveitamento da radiação solar, essa forma de produção de energia é compreendida como inesgotável, quando comparada à outras fontes de energia, principalmente as não renováveis, como o petróleo, o gás natural e o carvão, já que essas são fontes finitas. Ademais, a implementação da energia fotovoltaica desempenha, também, uma função de grande importância, além de sua forma estratégica, ao possibilitar o fornecimento de energia elétrica em áreas remotas e/ou de difícil acesso, em que a conexão para as redes convencionais é inviável. (Da Silva et al, 2020).

De acordo com Ferreira, no Brasil, as primeiras discussões iniciam-se na década de 50 com “tentativas de implantação de um centro de pesquisa no campo da energia solar, pelo CEMA (Centro de Mecânica Aplicada), do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio” (1993, p. 49). A partir deste período, houve diversos projetos, como refrigerador solar e forno solar para altas temperaturas, assim como na década de 60, com pesquisas para a fabricação de destiladores solares. Na década de 70, houve projeto para instalação da rede solarimétrica no Estado da Paraíba, além de grandes universidades como a USP (Universidade de São Paulo) e UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas) que iniciaram seus estudos voltados, principalmente, para conversão fotovoltaica de energia solar. (Ferreira, 1993).

Na década de 80 começaram a ser desenvolvidas técnicas para fabricar células de silício, compreendendo desde o silício monocristalino até o silício policristalino e silício amorfo. Foi instalado nessa época a Heliodinâmica S.A., a única companhia de capital e tecnologia voltado para o mercado nacional, a fim de desenvolver sistemas solares térmicos, concebendo de que havia condições apropriadas para se desenvolver o mercado brasileiro referente à geração de energia solar (Ferreira, 1993).

Tendo isso em vista, em 1989, houve a criação do PRO-SOLAR, um plano nacional, visando intensificar e preestabelecer o mercado brasileiro de energia solar. Na década de 90, o Brasil foi parceiro do governo alemão no “Programa Eldorado”,

que propôs o financiamento para projetos que estivessem relacionados à energia solar e eólica (Ferreira, 1993). Neste contexto, houve a retirada de dificuldades alfandegárias, fomentando o comércio de placas e insumos para a geração de energia fotovoltaica e criando um mercado interno no Brasil a esse serviço. Em 1992, foi realizado um *workshop* sobre a energia fotovoltaica, evento que foi patrocinado pela Eletrobrás para tratar a problemática da dificuldade de introdução da tecnologia de geração de energia solar, retomando concepções e ideias do projeto PRO-SOLAR. Foi criado o GTEF (Grupo de Trabalho sobre Energia Fotovoltaica), com o intuito de aprofundar os estudos sobre isso. (Ferreira, 1993).

Entre os anos de 2012 e 2018, o mercado brasileiro de energia solar fotovoltaica passou por um processo significativo de estruturação e crescimento, marcado por avanços regulatórios e aumento do interesse privado no setor (Santiago, 2020). O marco inicial dessa trajetória foi a Resolução Normativa nº 482 pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em 2012, em que: “*o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada. Pode até mesmo fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade (...)*” (Agência Gov, 2022). Isso permitiu que consumidores passassem a gerar sua própria energia elétrica inaugurando um novo modelo no setor elétrico nacional.

Em 2013, a energia solar fotovoltaica foi incluída nos leilões de energia de fontes alternativas, referente à contratação de geração centralizada, atraindo grandes investidores e impulsionando a instalação de usinas solares em larga escala. Essa iniciativa representou uma etapa decisiva na consolidação da fonte solar como parte integrante da matriz elétrica brasileira, corroborando à ampliação na participação do Brasil no movimento global de transição energética. O avanço continuou com a edição da Resolução Normativa nº 687, em 2015, que aprimorou as regras para a geração distribuída, ampliando e facilitando o acesso a isso, contribuindo para o aumento expressivo de instalações solares em residências, comércios e indústrias nos anos posteriores. (Santiago, 2020)

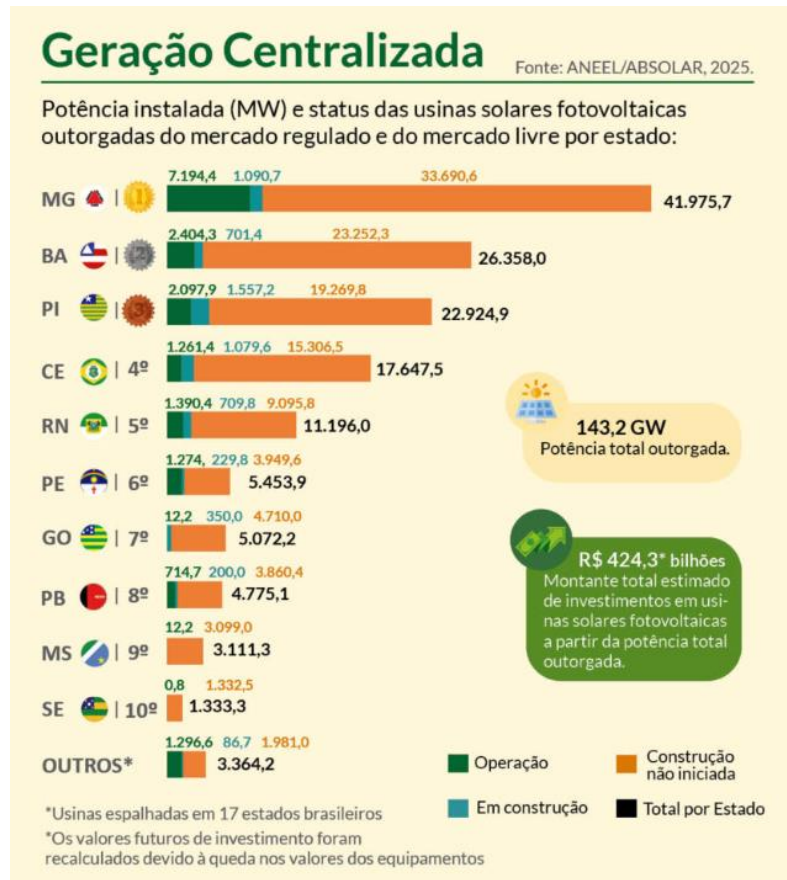
Entre 2016 e 2018, o mercado brasileiro de energia solar fotovoltaica vivenciou sua fase mais importante até então. De acordo com Santiago:

O Brasil está entre os quinze países que mais adicionaram energia solar fotovoltaica no mundo nos últimos dois anos (2017 e 2018), tendo instalado

mais de 1GW de potência solar a cada ano. Atualmente, em 2019, o país figura entre os trinta maiores produtores de energia FV, bem próximo de ocupar um lugar entre os vinte maiores produtores globais. (2020, p. 01)

A energia solar tem se consolidado como uma das principais alternativas energéticas no Brasil, pela viabilidade técnica e econômica, seus benefícios ambientais, e pelo potencial solar da região. O crescimento dessa fonte de energia renovável demonstra o aumento expressivo da potência instalada e nos investimentos realizados em diversas regiões do país. Segundo dados da ABSOLAR (2025), o Brasil possui uma potência total outorgada de 143,2 GW em usinas solares fotovoltaicas centralizadas, com um investimento estimado de R\$ 424,3 bilhões. Esse avanço está concentrado principalmente nos estados de Minas Gerais, Bahia e Piauí, que lideram em termos de potência contratada, com destaque para Minas Gerais, que sozinha reúne 41,9 GW, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Geração Centralizada no Brasil de acordo com os 10 estados com maior produção



Fonte: ABSOLAR (2025)

A Figura 3, evidencia que o Nordeste reúne a maior parte dos estados com alto potencial de geração e com altos investimentos. Isso é influenciado pela abundância de irradiação solar, disponibilidade de terrenos e demanda para a expansão da infraestrutura elétrica. Além disso, parte significativa da capacidade outorgada ainda se encontra em fase de construção ou com obras não iniciadas, indicando que o setor continuará em expansão nos próximos anos.

Um fenômeno observado atualmente, a Transição Energética Mundial ou Transição Energética Global (TEG), pode ser responsável pelo fim da era dos combustíveis fósseis e das excessivas emissões de dióxido de carbono na atmosfera terrestre para a geração de energia (...) Nos últimos anos, fontes renováveis modernas vêm aos poucos ganhando espaço frente às fontes tradicionais na matriz energética global. Tal mudança reflete (...) uma busca por segurança energética futura, diante da provável escassez de combustíveis fósseis, e também pela busca do Desenvolvimento Sustentável, com processos produtivos que diminuam os impactos causados ao meio ambiente e reduzam os danos que serão passados às gerações pósteras. (Santiago, 2020, p. 05)

A citação acima apenas evidencia a importância da transição energética em escala global, visando as reduções de dióxido de carbono e o aumento de fontes renováveis, buscando um desenvolvimento e planejamento futuro cada vez mais sustentável.

Ainda conforme o mesmo autor:

A matriz elétrica brasileira é representada, em sua maior parte (83%), por fontes renováveis modernas de energia. Quando comparada à matriz elétrica global, a parcela de renováveis na oferta interna de eletricidade no Brasil é acima de três vezes maior do que a média global (26%). (Santiago, 2020, p. 82)

Constata-se que o Brasil possui sua maior parte da matriz energética com fontes renováveis. Nessa pesquisa será observado com maiores detalhes a energia solar, uma das principais vertentes em tal matriz. No entanto, é importante destacar que a abundância de uma energia, mesmo sendo renovável, não é isenta de problemas, podendo ser observado na fala de um dos entrevistados:

Eu avalio que nos últimos anos está havendo essa grande expansão, que se por um lado é bom para o país em termos de energia renovável, mas também causa sérios problemas ambientais e sociais (...) do ponto de vista que, quando já está instalado, a emissão, na verdade, a ideia é substituir realmente por energias renováveis, para que a gente diminua as emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera. (E02F01/02)

## 5.1 AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

A avaliação de impactos ambientais chegou ao Brasil na década de 80. De acordo com Dias e Sánchez (2001):

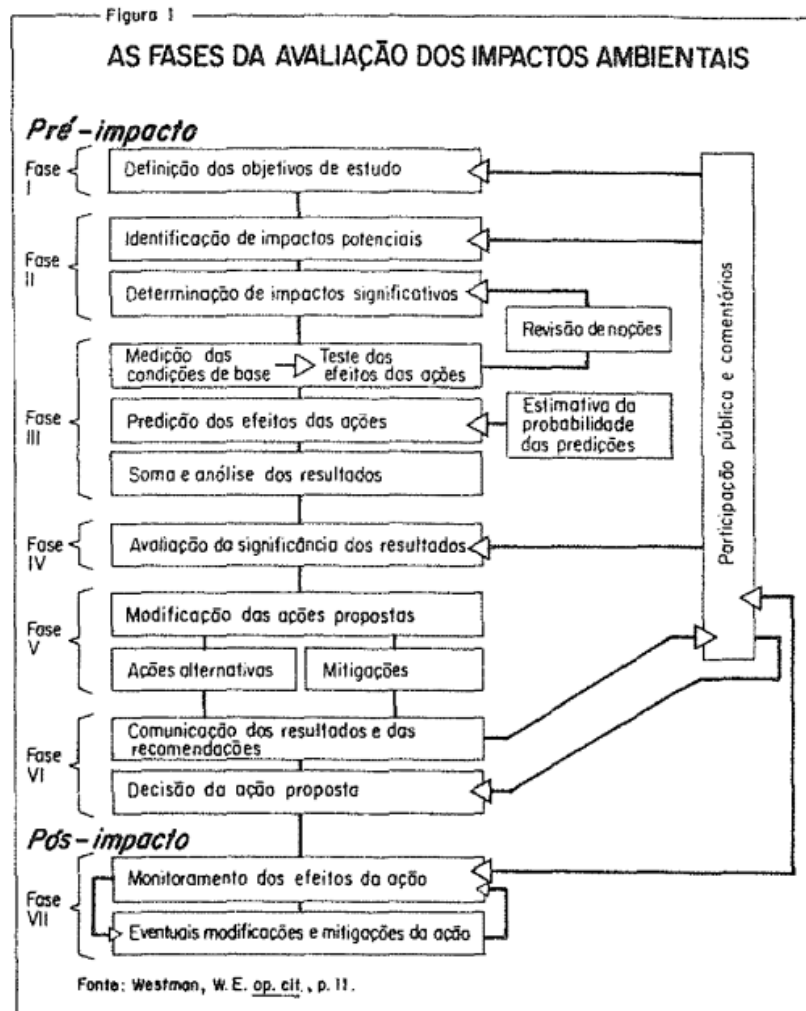
Passados mais de dez anos do surgimento nos Estados Unidos, a avaliação de impacto ambiental (AIA) aportou no Brasil no início dos anos oitenta, tendo como principal marco de introdução a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, em 1981. Os dispositivos que a regulamentaram estabeleceram um vínculo entre a AIA e o licenciamento ambiental e incluíram a extração e beneficiamento de minerais entre as atividades sujeitas à aprovação de estudo de impacto ambiental (EIA). (Dias, Sánchez, 2001, p. 01)

Além do contexto histórico, é necessário compreender o conceito e etapas que compõem a Avaliação de Impactos Ambientais. Segundo Magrini (1990):

as avaliações de impacto ambiental são estudos realizados para identificar, prever e interpretar, assim como prevenir as consequências ou efeitos ambientais que determinadas ações, planos, programas ou projetos podem causar à saúde, ao bem-estar humano e ao entorno (...) tais estudos incluem alternativas à ação ou projeto e pressupõem a participação do público, representando não um instrumento de decisão em si, mas um instrumento de conhecimento a serviço da decisão. (Magrini, 1990, p. 88)

Para compreender melhor como esse processo ocorre, a Figura 4 ilustra as fases que compõem uma avaliação de impactos ambientais:

Figura 4 - etapas da Avaliação de Impacto Ambiental



Fonte: Magrini (1990)

Na Figura 4 é apresentado um modelo esquemático dessas fases, desde a definição dos objetivos e identificação dos impactos potenciais, passando pela definição do estudo, até a etapa de monitoramento pós-implementação. Essa estrutura demonstra o caráter contínuo da AIA, possibilitando que ajustes sejam feitos ao longo do projeto, com base nos impactos observados.

Sendo assim, é possível compreender que a avaliação de impactos ambientais é um instrumento de suma importância para as políticas ambientais modernas, tendo como principais objetivos identificar, antecipar e analisar possíveis consequências que um empreendimento, pode causar no ambiente, o que possibilita mitigar, compensar

e entender tais danos de acordo com os aspectos do empreendimento e as características ambientais locais. Além de se ter uma definição conceitual e metodológica, a AIA está fundamentada nas normas e legislação brasileira, como na Resolução CONAMA 01/1986 e na Constituição Federal de 1988.

A Constituição de 1988 consagra o direito ao meio ambiente como um direito de todos e impõe ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo. O inciso IV, §1º, do artigo 225 da Constituição Federal de 1988 estabelece que o poder público deve “exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade” (Brasil, 1988).

Essa exigência constitui a base legal da AIA no Brasil, reforçando sua obrigatoriedade como etapa anterior à implementação de projetos que possam comprometer o ambiente. Portanto, ela não é somente um procedimento técnico, ou puramente burocrático vinculado ao licenciamento, mas um instrumento estratégico de um planejamento sustentável (Santos, 2004).

Segundo Spadotto (2002), a AIA passa por algumas etapas para que essa avaliação seja realizada, compreendendo métodos que vão coletar, identificar, analisar e organizar informações. Ao obter tais dados, eles podem ser tanto qualitativos quanto quantitativos voltados para o impacto ambiental.

De acordo com Spadotto (2002):

Os impactos ambientais podem ser classificados qualitativamente segundo seis critérios: valor, ordem, espaço, tempo, dinâmica e plástica (9). Assim, o uso de herbicidas pode causar impactos diretos e indiretos; locais, regionais e/ou globais; imediatos, de médio ou longo prazo; temporários, cíclicos ou permanentes; reversíveis ou irreversíveis. Em áreas agrícolas, os impactos podem ainda ser de fonte difusa, causados pela contaminação proveniente da aplicação regular, ou pontual, quando ocorre descarga (acidental ou não) durante o transporte e manuseio dos herbicidas. Os impactos podem ocorrer nos meios físico-químico (abiótico), biótico e sócio-econômico, portanto a avaliação de impactos ambientais dos herbicidas deve contemplar, sempre que possível, os aspectos ecológicos, sociais e econômicos mantendo estreita relação com o conceito de sustentabilidade agrícola (Spadotto, 2002, p. 02).

## 5.2 AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL E LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE USINAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

É possível compreender que a AIA busca antecipar e prever impactos futuros ao ambiente, de forma que reduza os danos gerados, visando comunicar aqueles

interessados, mas principalmente, às autoridades decisórias. De acordo com Enrique Sánchez (2020), a avaliação de impacto ambiental pode ser entendida como: “atividade que visa identificar, prever, interpretar e comunicar informações as sobre as consequências de determinada ação a saúde e o bem-estar (...)”. A AIA é um processo técnico e metodológico que dá suporte ao licenciamento ambiental que, segundo a Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Lógica do Estado de São Paulo:

Licenciamento Ambiental é um processo administrativo executado por órgãos ambientais, na esfera federal, estadual ou municipal, legalmente autorizados a conceder o licenciamento para a instalação, a ampliação, modificação e a operação de empreendimentos e atividades que utilizam de recursos naturais ambientais, considerando os potenciais riscos de poluição, ou de degradação ambiental (...) O objetivo (...) é expedir um ato administrativo chamado Licença Ambiental, através da qual o órgão competente estabelece as condições, restrições e medidas de controle que deverão ser obedecidas pelo realizador da atividade para impedir ou reduzir eventuais danos causados ao meio ambiente. (2022)

De acordo com a Resolução 01 do CONAMA 1986, constitui-se como um instrumento central da Política Nacional do Meio Ambiente. A normativa “estabelece as definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para o uso e implementação da avaliação de impacto ambiental.”. O conceito em questão abrange qualquer alteração nas propriedades físicas, químicas ou biológicas do ecossistema, que seja resultante de atividades humanas geradoras de matéria ou energia. Considera-se que tais alterações possuem relevância para o licenciamento quando afetam, direta ou indiretamente, dimensões como a saúde e o bem-estar da população, as atividades socioeconômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio e a qualidade intrínseca dos recursos ambientais.

De acordo com o Portal Nacional de Licenciamento Ambiental, há licenças que cumprem com as etapas do licenciamento ambiental (havendo algumas variações na nomenclatura de acordo com o órgão ambiental expedidor). O regramento ambiental brasileiro pressupõe três tipos de licenças ambientais, obtidas de acordo com as etapas de implantação do empreendimento. São elas: 1) Licença Prévia, em que é aprovado a localização e concebe o empreendimento na fase preliminar, evidenciando sua viabilidade ambiental, e também, cumprindo com os requisitos básicos, bem como medidas de controle para possíveis impactos previstos; 2) Licença de Instalação, em que é autorizada a instalação do empreendimento, levando em consideração as medidas de controle; 3) Licença de Operação, é autorizado a atividade do

empreendimento, após validar o cumprimento das medidas de controle. Elas podem ser realizadas sequencialmente ao longo do processo de licenciamento do empreendimento, ou também, feitas de forma concomitante, como é o caso quando a Licença de Instalação e de Operação, são autorizadas em uma única fase de análise técnica; da mesma forma quando a Licença Prévia e de Instalação, é autorizada em uma mesma análise e antes de iniciar a implantação do empreendimento, a viabilidade ambiental e instalação dele. (Brasil, 2018)

Pode-se inferir que a existência, tanto da Licença Integrada de Operação (LIO) quanto da Licença Prévia e de Instalação (LPI), decorre da natureza e complexidade do empreendimento. A LIO e a LPI visam simplificar o processo de licenciamento para empreendimentos de menor impacto ambiental, possibilitando uma maior flexibilidade no quesito burocrático. No entanto, empreendimentos com potencial de impacto ambiental maior exigem a obtenção de licenças separadas, dada a necessidade de uma avaliação e controle mais rigorosos em função do grau de impacto envolvido.

Ainda de acordo com PNLA (Portal Nacional de Licenciamento Ambiental), há a Licença Simplificada, estabelecida antes do início da implantação, aprovando e autorizando o local, instalação e operação do empreendimento, deliberando as medidas de controle necessárias. Em geral, são empregadas em empreendimentos de pequeno porte ou baixo potencial poluidor, já que isso ocorre em virtude da classificação do empreendimento quanto o grau de impacto ambiental gerado.

Segundo Milaré, a EIA (Estudo de Impacto Ambiental) e RIMA (Relatório de Impacto Ambiental) podem ser compreendidas como:

As expressões (...) EIA e (...) RIMA, tidas, vulgarmente, como sinônimas, representam, na verdade, documentos distintos, quais faces diversas de uma mesma moeda (...) O EIA compreende o levantamento da literatura científica e legal pertinente, trabalhos de campo, análises de laboratório e a própria redação do relatório (...) O Relatório de Impacto Ambiental, destinando-se especificamente ao esclarecimento das vantagens e consequências ambientais do empreendimento, refletirá as conclusões daquele. (2020)

De acordo com o Art. 2º, da Resolução CONAMA 001 de 1986:

Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como (...) XI - Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW; (Brasil, 1986)

Ainda segundo a Resolução CONAMA Nº 01 de 1986, o EIA detém a função de realizar um diagnóstico aprofundado da área do projeto, caracterizando seus meios físico, biótico e socioeconômico antes de qualquer intervenção. A partir dessa base, o estudo procede à análise dos potenciais impactos da atividade, de modo a interpretar e prever as futuras alterações ambientais. Como resultado, são definidas as medidas mitigadoras dos impactos e elaborado um programa de acompanhamento para monitorar os efeitos ao longo do tempo. O RIMA, por sua vez, cumpre o papel de tornar as informações da EIA em uma linguagem clara e objetiva, cujo propósito é refletir as conclusões do estudo de forma acessível à sociedade e aos gestores públicos, apresentando uma síntese dos resultados, dos impactos previstos e das medidas propostas.

De acordo com a Constituição Federal de 1988:

Art. 24. Compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre: VI - florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição; VII - proteção ao patrimônio histórico, cultural, artístico, turístico e paisagístico; VIII - responsabilidade por dano ao meio ambiente, ao consumidor (...) histórico, turístico e paisagístico; (Brasil, 1988)

Além disso, conforme Art. 30 da Constituição Federal, compete aos entes municipais a elaboração de normas específicas voltadas ao interesse local, atuando de forma a complementar a legislação federal e estadual naquilo que for pertinente. Ou seja, a determinação do ente licenciador é definido pela abrangência do impacto ambiental: empreendimentos com repercussão nacional ou regional são licenciados pela União, usualmente por meio do IBAMA, na medida em que os de impacto local ou estadual competem aos respectivos entes.

A fim de melhor esclarecer as competências para o licenciamento ambiental atribuídas à União, aos estados, Distrito Federal e municípios, foi publicada no Brasil a Lei Complementar Federal nº 140/2011 (BRASIL, 2011b). Segundo essa lei, cabe aos municípios o licenciamento de atividades e empreendimentos de impacto local, sendo comprovados os critérios mínimos, elencados pela referida lei, da estrutura dos órgãos ambientais municipais para a realização do licenciamento. Os processos de licenciamento atribuídos aos estados figuram entre os que extrapolam a competência municipal, mas não são cabíveis à União, que adota o critério da competência licenciatória residual. Os empreendimentos e atividades de competência da União obedecem às situações específicas dispostas no art. 6º da referida Lei Federal. Com

a descentralização dos processos de licenciamento proposto pela Lei Complementar Federal nº 140/2011 (BRASIL, 2011b), há a expectativa de diminuição da morosidade nos processos de licenciamento no País e da minimização dos conflitos de competência entre os órgãos ambientais. A Lei Complementar Nº 140 de 08 de dezembro de 2011 estabelece no artigo primeiro que:

Art. 1º Esta Lei Complementar fixa normas (...) para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora (...) Para os fins desta Lei Complementar, consideram-se: I - licenciamento ambiental (...) II - atuação supletiva (...) III - atuação subsidiária (...) (2011)

A competência para processar o licenciamento ambiental é determinada pelo critério da extensão do impacto ambiental. Quando ele atinge mais de um município, dentro do mesmo estado, compete ao órgão ambiental estadual emitir a documentação. Já quando o impacto ambiental for de caráter regional ou nacional, ou seja, ultrapassar os limites de um estado ou mesmo abranger todo o território brasileiro, a competência é federal, atribuída ao IBAMA. (Portal de Educação Ambiental)

O licenciamento ambiental no Brasil é estruturado em um sistema federativo que distribui as competências entre a União, os Estados e os Municípios. A determinação do ente licenciador é definido pela abrangência do impacto ambiental: empreendimentos com repercussão nacional ou regional são licenciados pela União, usualmente por meio do IBAMA, na medida em que os de impacto local ou estadual competem aos respectivos entes.

O processo caracteriza-se como um procedimento administrativo contínuo, que se estende desde a abertura formal até o acompanhamento da vigência da licença, englobando fases como a triagem, definição do escopo, estudo de impacto, análise técnica e decisão. A regulamentação desse sistema é consolidada por diversas normas, com destaque para a Resolução CONAMA nº 237/97, que o conceitua como o procedimento para autorizar a localização, instalação e operação de atividades potencialmente poluidoras. Adicionalmente, a Lei Complementar nº 140/2011 estabeleceu novos critérios para a definição de competência, com especificidades para Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Ambiental (APAs).

A Deliberação Normativa COPAM Nº 217, de 06 de dezembro de 2017 diz que:

Art. 1º – O enquadramento e o procedimento de licenciamento ambiental a serem adotados serão definidos pela relação da localização da atividade ou empreendimento, com seu porte e potencial poluidor/degradador, levando em consideração sua tipologia (...) O potencial poluidor/degradador das atividades e empreendimentos será considerado como pequeno (P), médio (M) ou grande (G) (...) por meio das variáveis ambientais de ar, água e solo (...)

Dessa forma, de acordo com a DN 217, , uma usina solar fotovoltaica apresenta um potencial poluidor/degradador pequeno, tendo um impacto maior no solo. O porte é definido de acordo com a potência nominal do empreendimento, sendo: “5 MW < potência nominal do inversor ≤ 10 MW :Pequeno; 10 MW < potência nominal do inversor ≤ 80 MW :Médio; Potência nominal do inversor > 80 MW :Grande”. Como apresentado pela Figura 5.

Figura 5 – Alteração na deliberação normativa 217 do COPAM

<b>E-02-06-2 Usina solar fotovoltaica</b>	
Pot. Poluidor/Degradador	
Ar: P	Água: P Solo: M Geral: P
Porte:	
5 MW < potência nominal do inversor ≤ 10 MW	:Pequeno
10 MW < potência nominal do inversor ≤ 80 MW	:Médio
Potência nominal do inversor > 80 MW	:Grande
<b>(Redação da <a href="#">pela DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 235</a>)<sup>[4]</sup></b>	
<b>E-02-06-2 Usina solar fotovoltaica</b>	
Pot. Poluidor/Degradador	
Ar: P	Água: P Solo: G Geral: M
Porte:	
5 MW < potência nominal do inversor ≤ 10 MW	: Pequeno
10 MW < potência nominal do inversor ≤ 80 MW	: Médio
Potência nominal do inversor > 80 MW	: Grande

Fonte: Adaptado de Minas Gerais (2017).

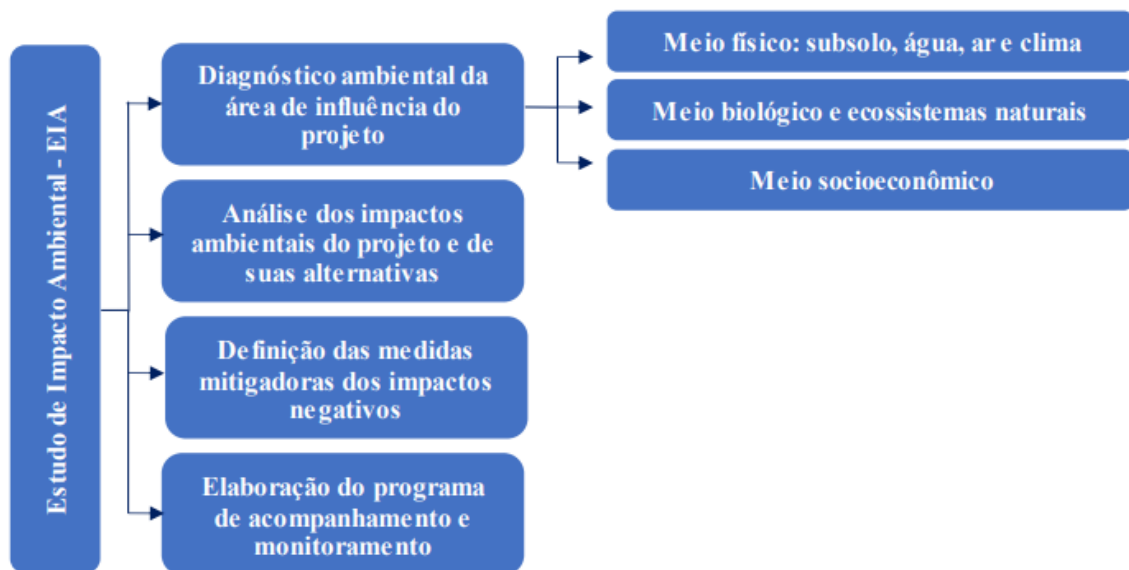
De acordo com a Figura 5, é possível observar tal permissividade, dado que inicialmente, o potencial poluidor geral era classificado como M, ou seja, um potencial poluidor/degradador médio. No entanto, a Deliberação Normativa COPAM Nº 235, de 25 de setembro de 2019 alterou o Anexo Único da Deliberação Normativa Nº 217, de 6 de dezembro de 2017 considerando as seguintes premissas:

Considerando a Lei nº 20.849, de 08 de agosto de 2013, que institui a política estadual de incentivo ao uso da energia solar; considerando que a geração de energia por meio de fontes de energias renováveis possui vantagens

reconhecidas cientificamente, principalmente no que tange à redução de emissões de gases de efeito estufa e poluição; considerando que a expansão das fontes renováveis de energia possui um papel crucial na transição para sistemas de energia mais sustentáveis e promoção de uma economia de baixo carbono; considerando o princípio da proporcionalidade, uma vez que os impactos no solo, relativos à energia fotovoltaica, são de menores proporções quando comparados às hidrelétricas e às termelétricas de combustível fóssil, que possuem impactos mais abrangentes, como alagamento de grandes áreas e possível contaminação do solo, respectivamente. (Minas Gerais, 2019)

A consideração de que a energia solar gera impactos de proporções menores necessita de uma contextualização. É muito importante distinguir as diferentes escalas de geração de energia, já que as regulamentações abordadas nessa pesquisa se aplicam a usinas de grande porte, que ainda não demanda nenhum estudo mais aprofundado, considerando a atual estrutura normativa. A Figura 6 mostra a complexidade necessária para a Avaliação de Impacto Ambiental em Estudos de Impacto Ambiental – EIA.

Figura 6 – Conteúdo mínimo exigido pelo EIA



Fonte: Sá (2024)

### 5.3 O CASO DA USINA DE ARINOS – MINAS GERAIS

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Pesquisa (IBGE), a cidade de Arinos – MG, possui uma área total de 5.279,419 km<sup>2</sup> e uma população estimada em um pouco mais de 17.500 pessoas. (IBGE, 2025)

Em uma matéria da Agência Gov, é tratado sobre a inauguração oficial da Usina Solar de Arinos com investimento de R\$: 1.5 bilhão, fruto de um investimento entre o setor público, nesse caso o Banco do Nordeste e o Governo Federal, e empresas privadas, como a Gerdau, Newave Energia (empresa que desenvolveu o empreendimento) e a XP Investimentos. A usina, mas também denominada de Parque Solar, está instalada em uma área de 822 hectares, a 30 km da área urbana de Arinos, 432 MWp já instalada, e mais de 720 mil painéis. Tal empreendimento tem capacidade de abastecer uma cidade de 350 mil hectares. (Agência GOV, 2025).

De acordo com uma matéria do G1, com nome: “Instalação da usinas de energia solar em Arinos favorece economia da cidade”, a usina conta com quase 720 mil que serão capazes de gerar 972 GW por ano, em uma área de mais de 2 mil hectares, o que vai contra a informação passada pela Agência Gov, conforme abordada no parágrafo anterior<sup>2</sup>.

Figura 7 – Painéis instalados no empreendimento em Arinos



Fonte: MGTV (2024).

Os painéis são instalados (Figura 7) em extensas e contínuas áreas, como apresentado pela Figura 8.

---

<sup>2</sup> Foram buscados dados em estudos de impacto ambiental e relatórios de impacto ambiental, contando considerando o processo simplificado de licenciamento, essas informações não estão disponíveis nos repositórios de licenciamento ambiental do estado de Minas Gerais. Os dados discrepantes não puderam ser aferidos pela não disponibilização de estudos. Foram buscados dados em estudos de impacto ambiental e relatórios de impacto ambiental, contando considerando o processo simplificado de licenciamento, essas informações não estão disponíveis nos repositórios de licenciamento ambiental do estado de Minas Gerais.

Figura 8 – Área de Instalação de painéis fotovoltaicos em Arinos - MG



Fonte: Google Earth (2025)

Como pode ser observado nas imagens acima os empreendimentos de geração de energia solar fotovoltaica podem ter grandes extensões em Área Diretamente Afetada – ADA, isso gera preocupações sobre os possíveis impactos do empreendimento. Outra questão que é relevante é que por não ter processo de licenciamento o acesso às informações é limitado e dificultado, criando inclusive a necessidade de se buscar informações técnicas em espaços de divulgação ampla, como jornais e revistas.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÕES: AS PERCEPÇÕES E DESAFIOS PARA A AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA.**

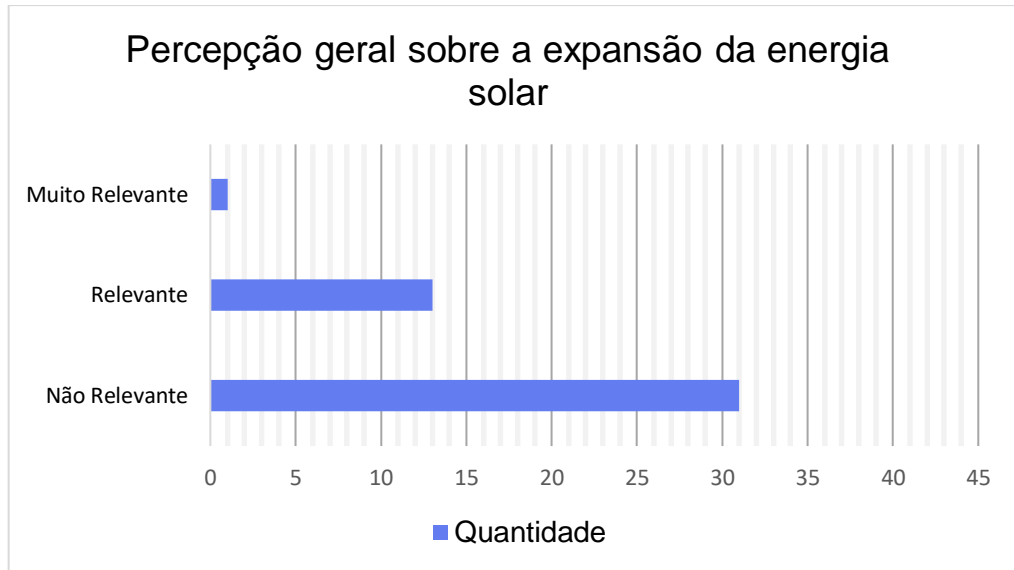
Considerando a metodologia e objetivos propostos, foram realizadas duas entrevistas com atores inseridos no processo de licenciamento ambiental e regulação ambiental de empreendimentos solares fotovoltaicos. Esse capítulo apresenta os principais resultados e discussões aferidos durante os processos de consulta qualitativos.

Nesse sentido, as questões foram agrupadas em quatro eixos temáticos complementares: percepção geral sobre a expansão da energia solar; análise dos impactos socioambientais; o processo de licenciamento e regulação e perspectivas futuras e recomendações. Foram selecionadas 45 falas que foram classificadas de acordo com a sua relevância (Não relevante, Relevante, Muito relevante) e aderência ao eixo temático.

### **6.1 PERCEPÇÃO GERAL SOBRE A EXPANSÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

A temática sobre a expansão da energia solar fotovoltaica foi reconhecida em falas que apresentaram reflexões ou considerações referentes a processos de crescimento da atividade, energia limpa e incentivos econômicos. Nessa temática, de houve um total de 45 falas sistematizadas, disso 31 foram consideradas não relevantes, 1 fala foi considerada muito relevante e 13 falas foram consideradas relevantes, como apresentado pelo Gráfico 1.

Gráfico 1: Percepção geral sobre a expansão da energia solar



Fonte: Elaborado pela autora.

Os dois entrevistados reconhecem um processo de expansão da energia solar fotovoltaica. De forma complementar, as duas entrevistas ainda reconhecem uma possível dicotomia da energia solar que muitas vezes é classificada como uma solução limpa, mas que, segundo os entrevistados, essa avaliação é focada no benefício, tal como a baixa emissão de gases de efeito estufa, porém reconhecem ser necessário levar em consideração os possíveis impactos ambientais em diferentes escalas.

Como destacado em uma entrevista, *“Eu avalio que nos últimos anos está havendo essa grande expansão, que se por um lado é bom para o país em termos de energia renovável, mas também causa sérios problemas ambientais e sociais”* (Fala das entrevistas, E02F1).

Em termos de estruturas necessárias para a expansão da atividade, é reconhecido que diferentes fatores estão associados, desde a estrutura de transmissão, realizadas com recursos e contratos majoritariamente públicos, até a aptidão das áreas, devido principalmente à quantidade de insolação e cobertura de nuvens. Como destacado por um entrevistado, *“Os principais desafios para o crescimento da fotovoltaica são: encontrar áreas aptas próximas a estações, linhas de transmissão, com terras baratas e boa insolação”*. (Fala das entrevistas, E01F10)

Os entrevistados manifestaram fortes preocupações sobre os impactos ambientais desse processo de expansão, inclusive destacando a influência política que muitas vezes ultrapassa a questão técnica, em que o órgão público é visto como entrave. Em um momento é afirmado que muitas vezes se *“É não querer atropelar as análises técnicas. O que chega muito para a gente é o órgão ambiental sendo colocado como se fosse uma subdivisão do governo que atrasa, que atrapalha.”* (E01F20)

Portanto, a energia fotovoltaica é compreendida como sendo muito importante para a transição energética, assim como, para a redução de gases de efeito estufa. Todavia, sua implementação em projetos de larga escala não deve ser isenta de consequências, uma vez que é alterada a dinâmica de um ecossistema e comunidade, conforme apresentado na fala:

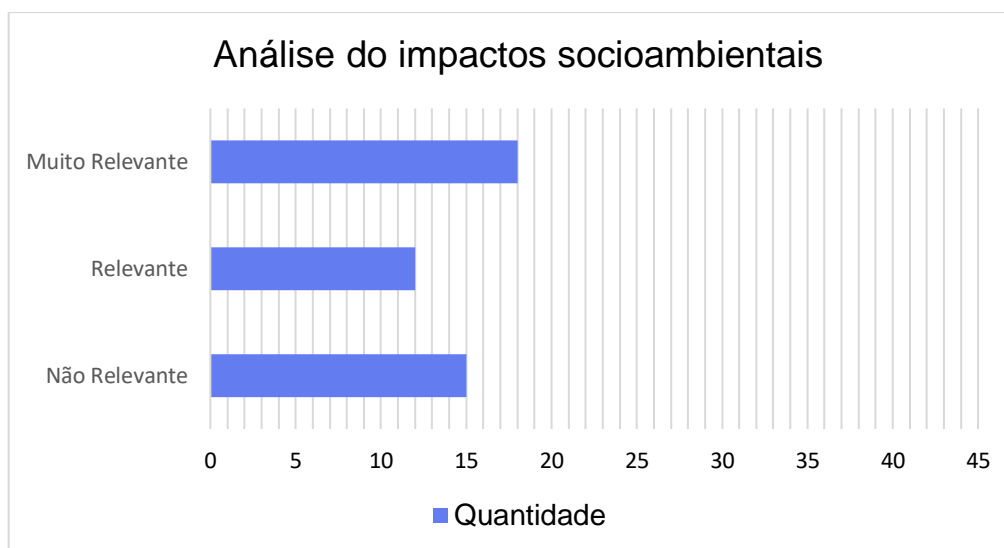
(...) quando você pega grandes áreas, igual a gente avalia aqui, de mil, duas mil hectares, até mais, para instalar uma usina dessa (...) você tem basicamente uma extinção de todo tipo de ser vivo nessa área, porque você tira a vegetação, limpa o solo, faz um sombreamento no solo, isso aí também já atrapalha questões de chuva, você muda todo o ambiente. (E01F9)

Portanto, a percepção geral da energia solar, segundo os entrevistados, desconstrói a ideia de que a ela é isenta de problemas. Apesar do seu papel fundamental na transição energética, as falas mostram que os benefícios dela, de forma macro, não anulam ou simplificam impactos mais graves, ou seja, há o risco de substituir um conjunto de problemas, como a emissão de gases de efeito estufa, por outros, como a degradação do solo e da paisagem. Para compreender tal dimensão, é necessário entender os impactos socioambientais decorrentes da instalação dessas usinas.

## 6.2 ANÁLISE DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

A temática sobre a análise dos impactos socioambientais foi reconhecida durante as falas das entrevistas que apresentaram críticas e reflexões referentes a processos a supressão de vegetação, degradação do solo e impactos sociais. Nessa temática, do número total de falas, 15 foram consideradas não relevantes, 18 foram consideradas como muito relevantes e 12 foram consideradas relevantes, como apresentado pelo Gráfico 2.

Gráfico 2: Análise dos impactos socioambientais



Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme discutido anteriormente, embora a fonte de energia solar seja renovável, sua implementação em larga escala gera significativos impactos socioambientais, uma vez que, em uma escala de um menor projeto, tal como a microgeração comumente observado em telhados de casas, é de baixo impacto, já que utiliza de estruturas já existentes sem alterar o solo e/ou ecossistema local, podendo ser observado na fala do entrevistado E01F07: “É diferente da energia em telhados, que realmente não teria impactos, mas em grandes áreas você muda todo o ambiente (...)”

Tal perspectiva comentada pelo entrevistado pode ser observada segundo Barbosa:

Alteração da dinâmica dos ecossistemas locais -A construção de vias de acesso resulta na alteração da dinâmica ambiental da área, como a intensificação da mobilidade de sedimentos arenosos, devido à ação do vento e das chuvas sobre o solo descampado, podendo criar ou intensificar processos erosivos e de assoreamento. Poderá causar, ainda, alterações no fluxo hidrológico superficial devido à compactação do solo e à redução de sua permeabilidade. A fragmentação de habitats e as mudanças dos limites naturais das comunidades de espécies locais podem causar escassez de alimentos, forçando uma migração da fauna. Há, pois, riscos de desequilíbrio de elos tróficos de cadeias alimentares locais. (Barbosa, 2015, p. 635)

Ainda é possível observar que tais percepções desconstruem a ideia de que a geração de energia solar fotovoltaica é ausente de impactos ambientais. Os entrevistados reconhecem a supressão da vegetação e seus impactos na biodiversidade, na degradação do solo e dos recursos hídricos, como impactos

importantes de serem analisados, principalmente em empreendimentos de grande porte.

No âmbito social, os impactos são igualmente significativos, principalmente em cidades menores, que muitas vezes são consideradas para os empreendimentos, principalmente devido ao valor da terra. Devido a mão de obra necessária para fins de construção, um elevado número de trabalhadores chega a essas cidades, alterando a dinâmica local, além de ocasionar outros problemas sociais, como é destacado por um entrevistado ao ser questionado sobre os impactos dos empreendimentos de energia solar fotovoltaica:

O socioeconômico mesmo, vocês não têm ideia do impacto que é, porque uma obra dessa instalação, basicamente são homens de meia idade e enchem uma cidadezinha, às vezes uma cidadezinha de 2 mil, 3 mil, 5 mil habitantes, você enche ali e coloca 200, 300 pessoas a mais do sexo masculino, aí tem a questão de exploração sexual, prostituição, tem tantas coisinhas assim. (E01F23)

Os entrevistados manifestaram que tais impactos são acentuados em razão de problemas, principalmente na regulamentação, uma vez que, conforme discutido na temática anterior, buscam por terras mais baratas e alta incidência solar. Isso faz com que tais empresas procurem locais com legislação menos restritiva como o Cerrado, conforme destacado na fala: “No Cerrado, você foge da legislação da Mata Atlântica, que é uma legislação bem mais rigorosa (...)” (E01F11).

A complexidade de elaboração do processo de EIA é necessária para a compreensão dos reais impactos gerados por uma categoria de empreendimento e considerando as características e particularidades locais em suas dimensões de meio físico, biótico e social. Não ter o EIA dificulta o dimensionamento dos reais impactos, formas de mitigar e compensar os negativos e formas de potencializar os impactos positivos.

Conforme destacado na fala: “(...) aqui em Minas mesmo, muito poucos processos caem com EIA e RIMA, normalmente eles são licenciamento simplificado, onde não são exigidos a elaboração do EIA” (E01F18). Portanto, de acordo com a perspectiva do entrevistado, é possível inferir que, com a primeira etapa do licenciamento do empreendimento sendo a emissão de um cadastro simplificado, em que não é necessário o Estudo de Impacto Ambiental, os impactos não são compreendidos, uma vez que, segundo a figura x, o EIA realiza, dentre as demais

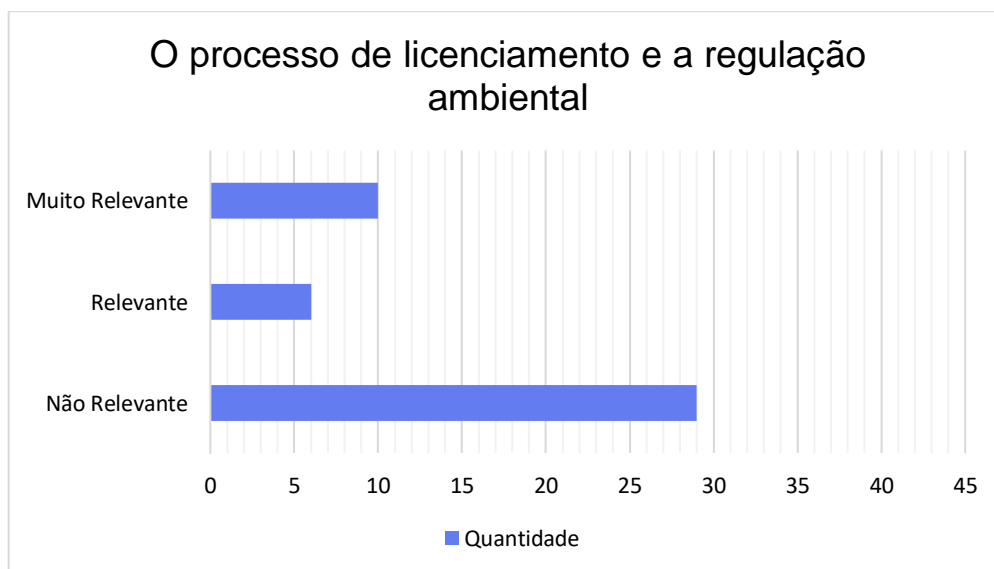
análises e elaborações feitas, o diagnóstico ambiental da área de influência do projeto, incluindo os meios socioambientais.

Portanto, é muito importante reconhecer tais consequências socioambientais, que vão contra a percepção de que empreendimentos de grande porte realizem apenas uma regulação simplificada. Isso evidencia a centralidade do processo de licenciamento ambiental como o principal instrumento a garantir que tais impactos sejam fiscalizados, uma vez que é nesse momento que será definido se o empreendimento irá prosseguir com as próximas etapas ou não.

### 6.3 O PROCESSO DE LICENCIAMENTO E REGULAÇÃO

A temática sobre o processo de licenciamento e regulação foi reconhecida durante as falas que apresentaram críticas e reflexões referentes a permissividade, aplicação do EIA/RIMA e licenças simplificadas. Nessa temática, do número total de falas, 29 foram consideradas não relevantes, 10 foram consideradas muito relevantes e 6 foram consideradas relevantes, como apresentado pelo Gráfico 3.

Gráfico 3: O processo de licenciamento e a regulação ambiental



Fonte: Elaborado pela autora

Essa permissividade é atribuída a uma pressão para cumprir com prazos de leilões da ANEEL, além disso, com uma política deliberada no estado de Minas Gerais, para atrair investimentos, tornando o processo ainda mais permissivo. E com tal liberdade, não há avaliações técnicas mais completas, como o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), resultando em um

licenciamento que não garante a qualidade, tanto ambiental quanto social, para as comunidades e o ecossistema local, uma vez que isso está previsto no estudo e no relatório.

Antigamente quase todos os processos de usina caía para a gente analisar. Hoje a grande maioria está caindo só com cadastro, não são mais cobrados e EIA/RIMA, eles não passam mais pela análise técnica, eles estão quase todos passando somente por cadastro, aqui em Minas, né? Os prazos de leilões da ANEEL pressionaram a flexibilização das exigências ambientais. (E01F15/16).

É importante ressaltar a importância do Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto Ambiental, uma vez que cumprem um importante papel no processo de AIA, ao regularizar as informações essenciais para a compreensão dos impactos decorrentes de um empreendimento. A partir de tais instrumentos, tornam-se possíveis a identificação das condições ambientais da área de influência, a análise dos potenciais efeitos das intervenções e a definição das medidas mitigadoras, orientando a tomada de decisão no licenciamento.

O EIA e seu respectivo RIMA são instrumentos essenciais na AIA. Através deste, é possível garantir que haja uma manutenção da sustentabilidade dos empreendimentos a serem licenciados. Para isso (...) é feito um diagnóstico ambiental da área que irá ser afetada pelo projeto (meios físico, biológico e socioeconômico), uma análise dos impactos ambientais e suas alternativas tecnológicas e locacionais, caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência após a implementação do projeto, definição de medidas mitigadoras dos impactos negativos e assim, a elaboração de um programa de acompanhamento e monitoramento (Sá, 2024, p. 43)

No caso de Minas Gerais, o estado adota muitos critérios próprios, conforme destacado na fala: “O Estado de Minas adota critérios próprios e tornou o licenciamento mais permissivo, evitando EIA/RIMA em muitos casos.” (E01F17). Foi observado também a questão da legislação ambiental ultrapassada, neste caso, a RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986, apresentada por não contemplar a especificidade e a escala dos grandes projetos, principalmente da energia solar, uma vez que ela é tratada de forma genérica, conforme destacado: “XI - Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW” (CONAMA, 1986).

Como abordado anteriormente, é reconhecida uma dificuldade em como o processo de licenciamento é conduzido, o que evidencia um conflito entre a regulação ambiental e as prioridades de crescimento econômico. Ou seja, os órgãos ambientais

são frequentemente vistos como entrave no processo, havendo uma pressão para apressar as análises técnicas e os processos de autorização.

O processo de licenciamento e a regulação demonstram-se com fragilidade, apontado pela permissividade e pela submissão das análises técnicas aos interesses econômicos e prazos de mercado, destacado na fala:

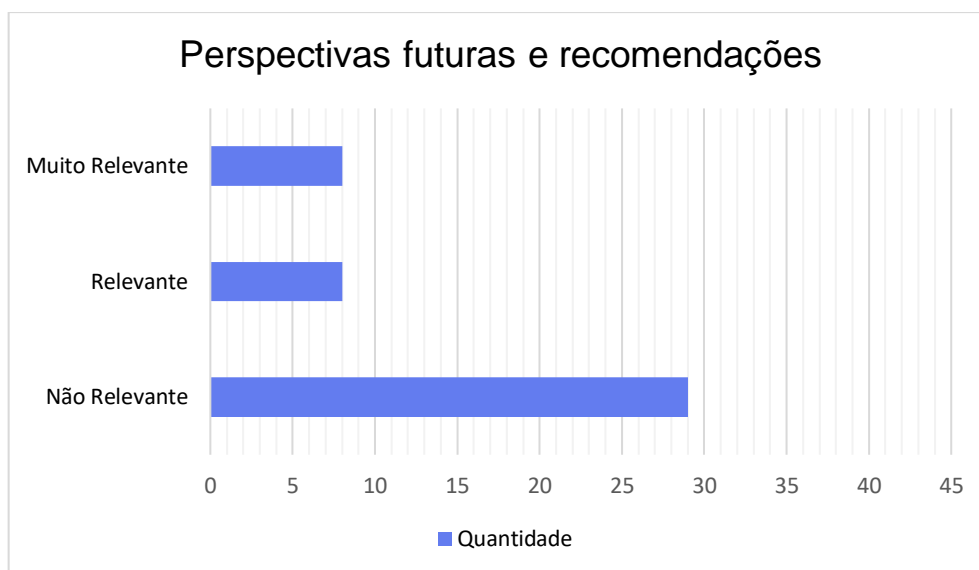
Então, a gente precisa ter atuação a nível CONAMA, Congresso, legislação nova e a nível das assembleias estaduais, e, por sua vez, que reflitam os conselhos estaduais do meio ambiente, com posturas diferentes. O que a gente vê realmente é uma forçação de barra para liberarem tudo. (E02F17)

A pressão para aprovação de projetos, exemplificado pela situação em Minas Gerais e pelos leilões da ANEEL, levam a retirada de instrumentos muito importantes como o EIA/RIMA, a favor das Licenças Ambientais Simplificadas (LAS). Esse conjunto, somado ao agravamento de legislações ultrapassadas, tendo em vista a escala dos empreendimentos, e velocidade que aumentou significativamente, evidencia um conflito entre a qualidade/proteção ambiental e social, corroborando um crescimento econômico que negligencia os impactos socioambientais.

#### 6.4 PERSPECTIVAS FUTURAS E RECOMENDAÇÕES

A temática sobre perspectivas futuras e recomendações foi reconhecida em falas que apresentaram reflexões referentes à importância de realizar novas normatizações, compreender tais empreendimentos de forma macro, além de incentivar debates e audiências públicas. Nessa temática, do número total de falas, 29 foram consideradas não relevantes, 8 foram consideradas muito relevante e 8 foram consideradas relevantes, como apresentado pelo Gráfico 4.

Gráfico 4: Perspectivas futuras e recomendações



Fonte: Elaborado pela autora

Conforme discutido nas temáticas anteriores, foram destacadas questões sobre a necessidade de atualização da legislação vigente, visto que as normativas não acompanharam a escala e velocidade dos grandes projetos fotovoltaicos, visto o avanço tecnológico e custo otimizado percebido nos últimos anos. Da mesma forma, a emissão de licenças simplificadas que não possuem nenhuma abordagem técnica aprofundada, deixam de lado o levantamento dos impactos socioambientais, decorrentes de tal situação e conseqüentemente não constroem políticas e formas de mitigação e compensação ambiental em proporção aos impactos que não chegam a ser identificados em situação de LAS.

Durante as entrevistas, foi possível observar possíveis propostas e soluções para os problemas discutidos anteriormente, se encaixando em algumas esferas, como a nível federal, estadual e social. A nível federal, foi sugerido durante uma entrevista, que o CONAMA e o Congresso Nacional desenvolvessem novas resoluções e legislações, ressaltado por um dos entrevistados, a separação de tais regulações de cada energia renovável, já que cada uma tem suas especificidades.

A nível estadual, foi sugerido durante a entrevista também, que as Assembleias Estaduais e Conselhos Estaduais do Meio Ambiente criem suas próprias normatizações, tendo como base a regulação federal, fazendo que Estados e municípios possam elaborar e trabalhar com suas próprias regulações. Com relação a empresas, o entrevistado deixou evidente que elas não devem se adaptar a

legislação mínima, precisando adotar medidas com maior proatividade, de forma que minimize os impactos gerados.

Ademais, a nível de sociedade civil, as entrevistas evidenciaram a importância de uma participação social mais ativa no desenvolvimento dos projetos, realizando-se tanto pelo aumento das audiências públicas, com o objetivo de promover o debate, quanto pelo acompanhamento contínuo dos processos, e da cobrança das responsabilidades quando necessário.

No entanto, para além de novas legislações, normatizações e regulamentações, é necessário a seriedade, bem como aplicação e fiscalização de todo o processo, de forma que garanta as análises técnicas criteriosas, como o EIA/RIMA, além da participação social e minimização de impactos.

Além disso, uma questão que foi levantada durante as entrevistas foi sobre o descarte das placas solares no período de substituição, conforme fala: “Os desmatamentos, a questão do recurso hídrico, a questão da qualidade do ar, e depois a questão de... de resíduos, o que vão fazer com os resíduos desse material todo, não só na fase de implantação, como também na fase de substituição.” (E02F14)

De acordo com Chowdhury (2020, p.04), et.al: “Os painéis solares contêm chumbo (Pb), cádmio (Cd) e muitos outros produtos químicos nocivos”. Segundo Godoy (2024, p.22)), além desses componentes: “Os painéis solares são compostos por silício, vidro, alumínio e plásticos”. A autora descreve três tipos de reciclagens.

O primeiro tipo é reciclagem mecânica, um processo de tratamento de painéis solares que utiliza a trituração e a separação física para recuperar seus componentes. Apesar de ser uma técnica eficaz para a recuperação de materiais como vidro e alumínio, ela não é isenta de problemas, já que é menos eficiente na separação e recuperação do silício devido à complexa estrutura das camadas dos painéis. O método pode ser mais caro por exigir equipamentos especializados e pode gerar resíduos adicionais que necessitam de gerenciamento. (Godoy, 2024)

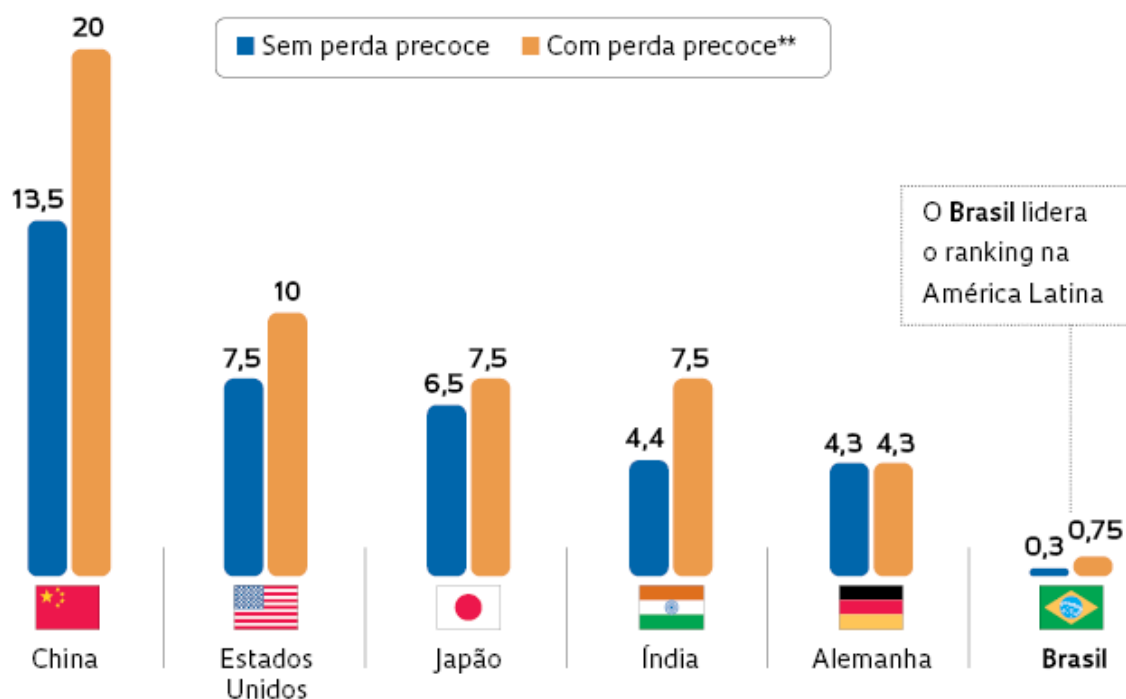
O segundo tipo é a reciclagem térmica, sendo um método que utiliza altas temperaturas para separar e recuperar materiais valiosos de painéis solares em fim de vida. O processo consiste em aquecer os painéis para derreter o vidro e isolar outros componentes, permitindo a recuperação eficiente de silício, metais preciosos e o próprio vidro. Apesar de sua eficácia na recuperação, tal reciclagem também

apresenta algumas dificuldades como os altos custos operacionais devido à energia e equipamentos especializados necessários, além da necessidade de controlar as emissões de gases geradas durante o processo para minimizar o impacto ambiental. O terceiro tipo é a reciclagem química, sendo um processo que utiliza reagentes químicos para dissolver e separar os componentes dos painéis, eficaz na recuperação de materiais valiosos como silício, metais preciosos e vidro. Esse método também possui dificuldades com o alto custo, além da complexidade dos materiais e, também, a necessidade de um manuseio cuidadoso e seguro dos resíduos químicos gerados para evitar danos ambientais. A falta de infraestrutura adequada também é um obstáculo para sua implementação em larga escala. (Godoy, 2024)

Figura 9 – Estimativa de volume de resíduos gerados por placas até 2050

## UMA MONTANHA DE RESÍDUOS

Estimativa de volume a ser gerado pelos principais países, além do Brasil, pelo descarte de painéis até 2050\* (em milhões de toneladas)



\* ESTIMATIVA BASEADA EM UMA VIDA ÚTIL DE 30 ANOS.

\*\* DESCARTE ANTES DO TEMPO PREVISTO DE VIDA ÚTIL.

\*\*\* O RELATÓRIO NÃO FORNECE A POSIÇÃO DO BRASIL NO RANKING GLOBAL.

FORTE "END-OF-LIFE MANAGEMENT - SOLAR PHOTOVOLTAIC PANELS" (IRENA, 2016)

Fonte: Oliveira (2022).

Com base na Figura 8, é possível observar que, embora a estimativa de resíduos gerados por placas solares no Brasil, sendo 0,75 milhão de toneladas até 2050, seja menor que países como a China e Estados Unidos, o Brasil lidera o ranking da América Latina sobre os resíduos gerados por placas solares, e isso destaca a evidência da necessidade do planejamento a longo prazo sobre o descarte e reciclagem das placas ao final de sua vida útil.

Portanto, a consolidação da energia solar como transição energética sustentável para o futuro depende de uma abordagem múltipla que vá além de uma simples instalação de novos projetos. Torna-se evidente e imprescindível a necessidade de uma modernização nas regulamentações, com a criação de normas específicas a nível federal e estadual, que seja acompanhada por uma fiscalização

rigorosa e criteriosa, havendo também uma maior proatividade por parte das empresas, uma vez que, segundo Sá:

O processo de legislação ambiental no âmbito estadual é complementar à federal, não podendo haver discordância entre eles, de forma que o estadual pode vir a surgir como um complemento ao que foi estabelecido pela União, quando necessário. Além disso, os estados devem respeitar o que foi estabelecido pelo CONAMA. De acordo com o Art. 23 e o Art. 18 da CF/88 a União, os estados, o Distrito Federal, e os municípios são autônomos, contudo que seja respeitado a hierarquia dos âmbitos que estão acima. Para regulamentação de peculiaridades do estado, ele possui competência para isso, através das Comissões Organizadoras, respeitando o Regulamento Nacional. (Sá, 2020, p. 40)

Ademais, esse processo requer a aproximação entre uma governança mais aprimorada, uma participação social mais ativa e que seja possível antecipar possíveis problemas de longo prazo, como o gerenciamento dos resíduos dos módulos fotovoltaicos. Não obstante que existam tecnologias de reciclagem, conforme discutido anteriormente, as limitações presentes, como o alto custo e possível impacto ambiental a ser causado com a reciclagem dos materiais, apenas comprovam a urgência de um planejamento e desenvolvimento, que desde já, apresente a devida infraestrutura para o fim da vida útil dos componentes e substâncias presentes, garantindo que não haja mais problemas ambientais no futuro.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise das entrevistas, a percepção geral sobre a expansão da energia solar rompe com premissa de que ela é uma fonte isenta de problemas, apesar de possuir um papel muito importante na transição energética, o estudo de caso da Usina Fotovoltaica de Arinos, em Minas Gerais, ilustra como a implementação desses megaprojetos podem provocar impactos socioambientais, tais como a supressão da vegetação, a degradação do solo e alteração nas dinâmicas comunitárias. Isso contrasta com a perspectiva simples da energia "limpa", considera-se que os benefícios, observados de forma macro, não anulam outros prejuízos, levantando o risco de substituir um conjunto de problemas, como a emissão de gases efeito estufa, por outros, como os impactos no ecossistema e nas comunidades.

A pesquisa mostrou que a fragilidade do licenciamento ambiental e da regulação, que demonstra permissividade na forma de autorização ao não reconhecer impactos ambientais dos empreendimentos é também reconhecido como resultado e influência de interesses econômicos e de prazos de mercado. Com a utilização de legislações ultrapassadas e o distanciamento de estudos técnicos rigorosos e aprofundados, a proteção social e ambiental são comprometidas. Diante disso, propostas e recomendações são apresentadas, como a modernização de normas a nível federal e estadual, com maior fiscalização proatividade por parte das empresas, e uma participação social mais ativa. Além disso, é estabelecido a necessidade de um planejamento a longo prazo que contemple o gerenciamento de resíduos dos painéis solares, a fim de assegurar que isso não se torne um problema futuramente.

Ademais, é essencial destacar a importância do Estudo de Impacto Ambiental e o Relatório de Impacto Ambiental, uma vez que, conforme discutido anteriormente, neles são previstas análises, elaborações de pesquisas e diagnósticos para mitigar os impactos gerados por empreendimentos, que, como foi observado, tal etapa é barrada no início do licenciamento com a emissão de LAS (Licenças Ambientais Simplificadas).

Nesse contexto, o geógrafo desempenha um papel fundamental por meio de análises e pesquisas críticas focadas na relação sociedade-natureza. Essa atuação promove a participação em debates e embates políticos, direcionados tanto para a

preservação do ambiente quanto para a busca por uma melhor qualidade de vida para as populações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA Gov. 'Brasil será grande celeiro de energia solar', diz Alckmin em Parque Solar Arinos (MG). **Agência Gov**, 4 jun. 2025. Disponível em:

<https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202506/brasil-grande-celeiro-energia-solar-alckmin-inauguracao-parque-solar-arinos> . Acesso em: 5 out. 2025.

AGÊNCIA GOV. Em Minas Gerais, Novo PAC vai investir R\$ 121,4 bilhões. **Presidência da República**, 22 fev. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2024/fevereiro/com-investimento-de-mais-r-120-bilhoes-no-novo-pac-presidente-lula-e-ministros-apresentam-acoes-do-governo-federal-em-minas-gerais> . Acesso em: 9 out. 2025.

AGÊNCIA GOV. Governo Federal investirá mais de R\$ 50 bilhões em energia para Minas Gerais. **Agência Gov**, Brasília, 2024. Disponível em:

<https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202402/governo-federal-investira-mais-de-r-50-bilhoes-em-energia-para-minas-gerais> , Acesso em: 26 de outubro de 2024

AGÊNCIA Gov. Micro e Minigeração Distribuída. **Agência Gov**, 2022. Disponível em:

<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida> , Acesso em: 08/05/2025

BARBOSA FILHO, W. P. et al. Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: impactos ambientais e políticas públicas. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 4, p. 628-642, 2015. DOI: 10.19177/rgsa.v4e0.803. Disponível em:

[https://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/803](https://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/803). Acesso em: 9 out. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 001, 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, 17 fev. 1986.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 279, de 27 de junho de 2001. Dispõe sobre o licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 jun. 2001.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 462, de 24 de julho de 2014. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre, altera o art. 1º da Resolução nº 279, de 27 de julho de 2001, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 jul. 2014.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 5 out. 1988. Disponível em:

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/DOUconstituicao88.pdf](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/DOUconstituicao88.pdf) . Acesso em: 10 maio 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Etapas do licenciamento. **Portal Nacional de Licenciamento Ambiental (PNLA)**, 2018. Disponível em: <https://pnla.mma.gov.br/etapas-do-licenciamento>. Acesso em: 01 de jul. 2025.

BRASIL. Presidência da República. Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, DF, 9 dez. 2011. Disponível em:

[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp140.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm) . Acesso em setembro de 2025.

CHOWDHURY, Md Shahariar et al. An overview of solar photovoltaic panels' end-of-life material recycling. **Energy Strategy Reviews**, v. 27, p. 100431, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X19301245/pdf?md5=a04d823f8a00386da7560a6e3d5b44a9&pid=1-s2.0-S2211467X19301245-main.pdf> . Acesso em: 09 de outubro de 2025

DA SILVA, D. B. et al. Energia solar fotovoltaica: um panorama sobre a sua viabilidade econômica e suas aplicações. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 574-596, 2020. DOI: 10.19177/rgsa.v9i3.7880. Disponível em: [https://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/7880](https://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/7880) . Acesso em: 9 out. 2025.

DIAS, Elvira Gabriela Ciacco da Silva; SÁNCHEZ, Luis Enrique. Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento. 2001.

DO NASCIMENTO, Marcos Guedes et al. Environmental impacts associated with the installation and operation of solar parks: study of interest level by cognitive analysis of data TREND DATA. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 13, p. e255111335265, 2022. DOI: [10.33448/rsd-v11i13.35265](https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35265). Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/35265/29683> . Acesso em: 10 de outubro de 2025.

FERREIRA, Maria Julita Guerra. **Inserção da energia solar fotovoltaica no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-05122011-141720/> . Acesso em: 08 maio 2025.

GODOY, Vinny Rafael Rodrigues. **Estratégias sustentáveis para o descarte de painéis solares: desafios da reciclagem e reutilização no final do ciclo de vida dos painéis fotovoltaicos**, — Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/d5453ba7-4a2f-4e82-900f-95cd3d76800c/content> . Acesso em 09 de outubro de 2025

IBGE. Cidades e Estados: Arinos. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/arinos.html>. Acesso em: 14 out. 2025.

KONZEN, Bárbara Anne Dalla Vechia et al. **Avaliação do Ciclo de Vida de painel fotovoltaico: análise dos impactos ambientais e fim de vida em estudo de caso no sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) — Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura, Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/server/api/core/bitstreams/7d6f8927-c58c-4fbc-9521-eca335a1f3a9/content> . Acesso em: julho de 2025

LANA, Luana Teixeira Costa et al. Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. **Engenharias On-line**, v. 1, n. 2, p. 21-33. 2015. Disponível em: <https://revista.fumec.br/index.php/eol/article/view/3574/1911> . Acesso em: outubro de 2024

LUCHESE, Felipe Cirolini et al. Análise do impacto da geração distribuída fotovoltaica na rede elétrica da Universidade Federal de Santa Maria. **Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS**. 2018. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/73/73> . Acesso em: outubro de 2024

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S. Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista virtual de química**, v. 7, n. 1, p. 126-143, 2015. Disponível em: <https://rvq-sub.sbg.org.br/index.php/rvq/article/view/664/508> . Acesso em: abril de 2025.

MAGRINI, Alessandra. A avaliação de impactos ambientais. In: MARGULIS, Sérgio (org.). Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos. Brasília: **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea**, 1990. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/03e00250-aebf-47df-bc2b-3e6ca5eab391/content>. Acesso em: 10 out. 2025.

MILARÉ, Édís, MILARÉ, Lucas Tamer. Estudo de impacto ambiental. Enciclopédia jurídica da PUC-SP. Celso Fernandes Campilongo, Alvaro de Azevedo Gonzaga e André Luiz Freire (coords.). Tomo: Direitos Difusos e Coletivos. Nelson Nery Jr., Georges Abboud, André Luiz Freire (coord. de tomo). 1. ed. **São Paulo**: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2017. Disponível em: <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/322/edicao-1/estudo-de-impacto-ambiental>

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa COPAM nº 176, de 21 de agosto de 2012. Altera dispositivos da Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 09 de setembro de 2004, incluindo na listagem “E” código de atividade para geração de energia solar fotovoltaica. **Diário do Executivo - Minas Gerais**, Belo Horizonte, 29 dez. 2012.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa COPAM nº 202, de 03 de junho de 2015. Altera dispositivos da Deliberação Normativa COPAM nº 176, de 21 de agosto de 2012 e dá outras providências. **Diário do Executivo - Minas Gerais**, Belo Horizonte, 05 jun. 2015.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa COPAM nº 217, de 06 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização e de licenciamento ambiental, e dá outras providências. **Diário do Executivo - Minas Gerais**, Belo Horizonte, 08 dez. 2017.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa COPAM nº 235, de 25 de setembro de 2019. Altera o Anexo Único da Deliberação Normativa Nº 217, de 6 de dezembro de 2017. **Diário do Executivo - Minas Gerais**, Belo Horizonte, 28 set. 2019.

OECD. Arinos, do baru às placas solares. **OECD**, 29 abr. 2024. Disponível em: <https://oeco.org.br/reportagens/arinos-do-baru-as-placas-solares/>. Acesso em: 9 out. 2025.

OLIVEIRA, Marcos de. O destino dos painéis solares ao fim da vida útil. **Revista Pesquisa FAPESP**, ed. 317, jul. 2022. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/o-destino-dos-paineis-solares-ao-fim-da-vida-util/>. Acesso em: outubro de 2025

PACHECO, F. Energias Renováveis: breves conceitos. **Economia em destaque**. 2006 Disponível em: [https://sei.ba.gov.br/images/publicacoes/download/cep/cep\\_149.pdf](https://sei.ba.gov.br/images/publicacoes/download/cep/cep_149.pdf). Acessado em 26 de outubro de 2024

PEREIRA, E. B.; RUTHER, R. (ed.). **O potencial da energia solar no Brasil**. São Paulo: Editora Blucher, 2021.

PEREIRA, Nardon Xavier. **Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil: geração distribuída vs geração centralizada**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Sorocaba, 2019..

Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/f6c16661-fca3-4df7-bd82-37bf507e7d00/content> . Acesso em: outubro de 2025

PIMENTEL, Geraldo; PIRES, S. H. Metodologias de avaliação de impacto ambiental: Aplicações e seus limites. **Revista de Administração Pública**, v. 26, n. 1, p. 56 a 68-56 a 68, Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rap/article/view/8812/7568> Acesso em: abril de 2025

PORTAL Solar. A energia solar no mundo. **Portal Solar**, São Paulo, 2025. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-no-mundo>. Acesso em: 6 maio 2025.

PORTAL Solar. Painel solar: o que é, como funciona e tipos. **Portal Solar**, São Paulo, 2025. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/painel-solar> . Acesso em: agosto de 2025

PRADO, Pedro Forastieri de Almeida. **Reciclagem de painéis fotovoltaicos e recuperação de metais**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-30012019-141410/> . Acesso em: 09 de outubro de 2025.

ROSA, Luiz Pinguelli. Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear. **Estudos Avançados**, v. 21, p. 39-58, 2007 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/4LQNgbc9vfRTqRFgtVSyK5Q/?format=pdf&lang=pt> . Acesso em: 10 de outubro de 2025

SANTIAGO, João Vitor Assad. **O mercado emergente de energia solar fotovoltaica no Brasil entre 2012 e 2018: avanços, desafios e perspectivas**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2020. Disponível em: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde-24042020-142420/publico/JoaoVitorASantiago\\_Corrigida.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde-24042020-142420/publico/JoaoVitorASantiago_Corrigida.pdf) . Acesso em: 08 maio 2025.

SANTO, Cesar Victor do Espírito. Arinos, do Baru às Placas Solares. **((o))eco**, 2023. Disponível em: <https://oeco.org.br/analises/arinos-do-baru-as-placas-solares/> . Acesso em: 26 out. 2024.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. Planejamento ambiental: teoria e prática. 5. ed. **São Paulo**: Oficina de Textos, 2004.

SILVA, E. V. DA; CARVALHO, P. C. M. DE. Fontes de energia e meio ambiente. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n. 2, p. 345-353, 2003. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/500/50030522.pdf>. Acesso em: 9 out. 2025.

SILVA, Luciano Fernandes; CARVALHO, Luiz Marcelo de. A temática ambiental e o ensino de física na escola média: algumas possibilidades de desenvolver o tema produção de energia elétrica em larga escala em uma situação de ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, p. 342-352, São Paulo, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/XRCFDdkSVWJN9DhxMCsWndP/?format=pdf&lang=pt> . Acesso em: 10 de outubro de 2025

SILVA, Matheus Segundo Da et al. Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. **Revista Mythos**, v. 14, n. 2, p. 51-61, 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.unis.edu.br/mythos/article/view/467/377> . Acesso em: março de 2025

SPADOTTO, Claudio Aparecido. Classificação de impacto ambiental. **Comitê de Meio Ambiente, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**, p. 1-4, 2002. Disponível em: <https://encurtador.com.br/5n6pR> . Acesso em: maio de 2025

SÁ, Thainá Rodrigues de. **O processo de licenciamento ambiental de usinas solares fotovoltaicas no Brasil**. 2020. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106134/tde-08022021-141910/> . Acesso em: 10 out. 2025.

SÁNCHEZ, L.E. Notas de Aula, PMI – 3401 Avaliação de Impactos Ambientais. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2020.

SÃO PAULO. **Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística**. Licenciamento Ambiental. [São Paulo]: SEMIL, 2022. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/licenciamento-ambiental/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

TEIXEIRA, L. A história da Energia Solar. **Portal Solar**, 2015. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/a-historia-da-energia-solar.html>. Acesso em: 9 out. 2025.

TRIVINOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. **Editora Atlas**, São Paulo, 1987. Disponível em: <https://bibliocetas.fct.unesp.br/Arquivos%20P%C3%BAblicos/Pesquisa%20Qualitativa%20Trivinos%20-%20Introdu%C3%A7%C3%A3o%20-%20pesquisa%20em%20Ci%C3%A2ncias%20Sociais-Cap%C3%ADtulos%20II-III-IV.pdf> . Acesso em: 10 de outubro 2025

TSURUDA, Leandro Kazuaki et al. A importância da energia solar para o desenvolvimento sustentável e social. **Ten Years Working Together For A Sustainable Future**, São Paulo, v. 1, n. 6, p. 2-4, 2017.

YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2. ed. **Bookman**, Porto Alegre, 2001.