

CIDADES GOIANAS ESTÃO PREPARADAS PARA RECICLAGEM DE PAINÉIS SOLARES: UMA ANÁLISE SOBRE A LEGISLAÇÃO MUNICIPAL

CITIES IN GOIÁS ARE PREPARED FOR SOLAR PANEL RECYCLING: AN ANALYSIS OF MUNICIPAL LEGISLATION

CIUDADES DE GOIÁS SE PREPARAN PARA EL RECICLAJE DE PANELES SOLARES: UN ANÁLISIS DE LA LEGISLACIÓN MUNICIPAL

Hugo Gonçalves Margon Ribeiro¹, André Barra Neto²

DOI: 10.54899/dcs.v23i86.4274

Recibido: 19/12/2025 | **Aceptado:** 14/01/2026 | **Publicación en línea:** 19/01/2026.

RESUMO

A expansão acelerada da energia solar fotovoltaica no Brasil, com destaque para o Estado de Goiás, que ultrapassou 1,7 gigawatt de potência instalada, configura transição energética celebrada como avanço sustentável, porém obscurece questão crítica emergente sobre a gestão de resíduos de painéis solares ao término de sua vida útil estimada entre 25^a 30 anos. Este estudo teve como objetivo analisar o estado atual da regulamentação municipal no Estado de Goiás sobre gestão de resíduos de módulos fotovoltaicos, verificando se os 246 municípios goianos estão preparados, do ponto de vista normativo-legal, para enfrentar o descarte massivo previsto entre 2045-2055. Metodologicamente, realizou-se pesquisa exploratória-descritiva, de abordagem qualitativa, mediante levantamento censitário documental nos portais de transparência municipais, abrangendo período de janeiro/2010 a setembro/2025. Foram analisados Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) e Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB), aplicando-se 11 descritores de busca em três categorias. Os resultados revelaram que 98,78% dos municípios possuem portais funcionais, apenas 53,66% elaboraram PMGIRS/PMSB, 39,84% mencionam Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), 32,93% abordam logística reversa de eletrônicos; e, criticamente 0% possuem legislação específica sobre módulos fotovoltaicos. Esta ausência absoluta configura lacuna normativa sistêmica que viola o princípio da prevenção da política nacional de resíduos sólidos e compromete sustentabilidade da transição energética. A omissão municipal não decorre apenas de limitações do decreto federal nº 10.240/2020 o qual que restringe logística reversa a uso doméstico, mas evidencia desarticulação entre políticas federais e implementação local. Conclui-se que os municípios goianos não estão preparados para gerir resíduos fotovoltaicos, demandando ação preventiva urgente mediante adequação normativa que antecipe geração massiva projetadas para 2045-2055, assegurando que revolução solar seja efetivamente sustentável do início ao fim, em conformidade com art. 225 da Constituição Federal.

¹ Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Gestão Organizacional, Universidade Federal de Catalão (UFCAT), Catalão, Goiás Brasil. E-mail: hugo.ribeiro@discente.ufcat.edu.br
Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-6407-0407>

² Doutor em Administração pela Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, São Paulo, Brasil.
E-mail: andrebarra@ufcat.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4134-323X>

Palavras-chave: Resíduos Sólidos. Painéis Solares Fotovoltaicos. Regulamentação Municipal. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Logística Reversa. Equipamentos Eletroeletrônicos. Goiás.

ABSTRACT

The accelerated expansion of photovoltaic solar energy in Brazil, particularly in the state of Goiás, which has surpassed 1.7 gigawatts of installed capacity, represents an energy transition celebrated as a sustainable advancement. However, it obscures a critical emerging issue regarding the management of solar panel waste at the end of their estimated useful life (between 25 and 30 years). This study aimed to analyze the current state of municipal regulations in the state of Goiás regarding the management of photovoltaic module waste, verifying whether the 246 municipalities in Goiás are prepared, from a normative-legal point of view, to face the massive disposal projected between 2045 and 2055. Methodologically, an exploratory-descriptive study with a qualitative approach was conducted, using a census-based documentary survey of municipal transparency portals, covering the period from January 2010 to September 2025. Municipal Integrated Solid Waste Management Plans (PMGIRS) and Municipal Basic Sanitation Plans (PMSB) were analyzed using 11 search descriptors across three categories. The results revealed that 98.78% of municipalities have functional portals, only 53.66% have developed PMGIRS/PMSB, 39.84% mention Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), 32.93% address reverse logistics for electronics; and, critically, 0% have specific legislation on photovoltaic modules. This absolute absence constitutes a systemic regulatory gap that violates the principle of prevention in the national solid waste policy and compromises the sustainability of the energy transition. The municipal omission does not only stem from limitations of federal decree nº 10.240/2020, which restricts reverse logistics to domestic use, but also highlights a lack of coordination between federal policies and local implementation. It is concluded that the municipalities of Goiás are not prepared to manage photovoltaic waste, demanding urgent preventive action through regulatory adjustments that anticipate the massive generation projected for 2045-2055, ensuring that the solar revolution is effectively sustainable from beginning to end, in accordance with Article 225 of the Federal Constitution.

Keywords: Solid Waste. Photovoltaic Solar Panels. Municipal Regulations. National Solid Waste Policy. Reverse Logistics. Electrical and Electronic Equipment. Goiás.

RESUMEN

La expansión acelerada de la energía solar fotovoltaica en Brasil, en particular en el estado de Goiás, que ha superado los 1,7 gigavatios de capacidad instalada, representa una transición energética que se considera un avance sostenible. Sin embargo, oculta un problema emergente crítico relacionado con la gestión de los residuos de paneles solares al final de su vida útil estimada (entre 25 y 30 años). Español Este estudio tuvo como objetivo analizar el estado actual de las regulaciones municipales en el estado de Goiás con respecto a la gestión de residuos de módulos fotovoltaicos, verificando si los 246 municipios de Goiás están preparados, desde un punto de vista normativo-legal, para enfrentar la disposición masiva proyectada entre 2045 y 2055. Metodológicamente, se realizó un estudio exploratorio-descriptivo con un enfoque cualitativo, mediante un relevamiento documental censal de los portales de transparencia municipales, que abarca el período de enero de 2010 a septiembre de 2025. Se analizaron los Planes Municipales de Gestión Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) y los Planes

Municipales de Saneamiento Básico (PMSB) utilizando 11 descriptors de búsqueda en tres categorías. Los resultados revelaron que el 98,78% de los municipios tienen portales funcionales, solo el 53,66% ha desarrollado PMGIRS/PMSB, el 39,84% menciona Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), el 32,93% aborda la logística inversa para productos electrónicos; Y, críticamente, el 0% cuenta con legislación específica sobre módulos fotovoltaicos. Esta ausencia absoluta constituye una brecha regulatoria sistémica que vulnera el principio de prevención en la política nacional de residuos sólidos y compromete la sostenibilidad de la transición energética. La omisión municipal no solo se deriva de las limitaciones del decreto federal n.º 10.240/2020, que restringe la logística inversa al uso doméstico, sino que también pone de manifiesto la falta de coordinación entre las políticas federales y la implementación local. Se concluye que los municipios de Goiás no están preparados para la gestión de residuos fotovoltaicos, lo que exige acciones preventivas urgentes mediante ajustes regulatorios que anticipen la generación masiva proyectada para 2045-2055, garantizando que la revolución solar sea efectivamente sostenible de principio a fin, de conformidad con el Artículo 225 de la Constitución Federal.

Palabras clave: Residuos Sólidos. Paneles Solares Fotovoltaicos. Normativa Municipal. Política Nacional de Residuos Sólidos. Logística Inversa. Equipos Eléctricos y Electrónicos. Goiás.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica emergiu como protagonista da transição energética global. No Brasil, esta fonte representa atualmente 18,2% da matriz energética nacional (ABSOLAR, 2024), com projeções de crescimento contínuo que estimam capacidade instalada de 8.500 gigawatts até 2050 globalmente (Gielen et al., 2019). Em 2021, a energia solar contribuiu com 3,6% de toda a geração elétrica mundial (Maka; Alabid, 2022), sendo esse crescimento impulsionado pela redução de custos de tecnológicos aliada a políticas de incentivo governamental.

No Estado de Goiás, foco deste estudo, a curva de crescimento é expressiva na potência fotovoltaica instalada, chegando a romper a marca de 1,7 gigawatt (ABSOLAR, 2024). Esta expansão, embora celebrada como avanço na sustentabilidade energética, obscurece questão crítica emergente, o que acontecerá quando estes milhões de painéis atingirem o fim de sua vida útil?

Os painéis solares possuem ciclo de vida relativamente longo sendo aproximadamente 25 a 30 anos, variando segundo tecnologia empregada, condições ambientais e manutenção (IRENA,

2016). A geração massiva instalada após 2020 começará a demandar descarte entre 2045-2055 se considerarmos que não tiveram eventos que reduzissem sua vida útil, de acordo a Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA) o Brasil deve descartar aproximadamente 550 mil toneladas de painéis até 2050.

Quando se analisa a composição dos módulos pode-se notar que alguns resíduos são perigosos, nos módulos de primeira geração feitos de silício cristalino encontrasse em média 76% de vidro, 10% de polímeros, 8% de alumínio, 5% de silício e 1% de metais diversos (IRENA, 2016), as tecnologias de segunda geração chamadas de filmes finos são mais perigosas pois incorporam substâncias potencialmente perigosas: cádmio em células CdTe, chumbo em soldas, selênio em células CIGS (PORTAL SOLAR, 2023), sendo assim seu descarte inadequado pode ocasionar contaminação de solo e lençóis freáticos por metais pesados bioacumulativos (Tammaro et al., 2016).

A gestão de resíduos sólidos no Brasil estrutura-se sobre modelo de responsabilidade compartilhada entre União, Estados, Municípios e setor privado, conforme Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituído pela Lei federal nº 12.305/2010. Neste arranjo federativo, os municípios assumem papel central como titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, compete-lhes legislar sobre assuntos de interesse local e complementar legislação federal e estadual conforme versa a Constituição Federal, em seu artigo 30, I e II.

A PNRS estabelece, em seu artigo 33, inciso VI, obrigatoriedade de logística reversa para produtos eletroeletrônicos e seus componentes, categoria que abrange painéis fotovoltaicos conforme decreto federal nº 10.240/2020. Contudo, este decreto restringe aplicabilidade a produtos de uso doméstico ou equiparados conforme pode ser visto em seu artigo 4º, criando vácuo regulatório para sistemas instalados em estabelecimentos comerciais, industriais e rurais o que representam parcela majoritária da potência instalada.

A indefinição sobre responsabilidades específicas, ausência de metas quantitativas e lacunas quanto à classificação de painéis como resíduos domiciliares ou empresariais transferem aos municípios brasileiros responsabilidade crítica regulamentar localmente esta categoria emergente de resíduo tecnológico, diante disso surge a questão se os municípios goianos estão preparados, do ponto de vista normativo-legal, para enfrentar este desafio.

Justificativa

A relevância deste estudo ancora-se em três vertentes sendo a vertente ambiental com a preservação do meio ambiente ecologicamente equilibrado, consagrada como direito fundamental da constituição federal mais precisamente em seu artigo 225, onde vincula o poder público e a coletividade à tutela da qualidade ambiental para gerações presentes e futuras. A omissão regulatória municipal configura ameaça concreta considerando a certeza sobre geração futura de resíduos, bem como o conhecimento científico sobre periculosidade de componentes e a reversibilidade limitada de contaminações por metais pesados.

A segunda vertente é a jurídico-administrativa com a regulamentação de resíduos fotovoltaicos constitui desafio de governança pública multinível, demandando articulação entre esferas federativas, coordenação intersetorial, engajamento do setor privado e capacitação técnica de servidores, sendo assim o estudo contribui para teoria e prática da administração pública ao analisar capacidade municipal de antecipar problemas complexos.

A terceira vertente é a social, com a gestão inadequada pode gerar passivos ambientais em áreas vulneráveis, afetando populações de menor renda, sendo assim a regulamentação preventiva constitui instrumento de justiça ambiental intergeracional.

Objetivo geral é analisar o estado atual da regulamentação municipal no Estado de Goiás sobre gestão de resíduos de painéis solares fotovoltaicos.

Os objetivos específicos são realizar levantamento censitário das legislações municipais dos 246 municípios do estado de Goiás quanto a resíduos de módulos solares e resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, no período setembro de 2010 a setembro de 2025, analisar os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), verificar os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos e planos sanitários disponíveis quanto à menção de resíduos tecnológicos, bem como identificar lacunas normativas.

REFERENCIAL TEÓRICO

A trajetória da energia solar fotovoltaica no Brasil pode ser periodizada em três fases. A fase pioneira que se iniciou em 1970 até 1990 caracterizou-se por aplicações isoladas em sistemas off-grid para eletrificação rural, sem políticas públicas estruturadas (Ottonelli et al., 2021). A fase de institucionalização se iniciou nos anos 2000 até 2015 iniciou com o programa de Incentivo às

fontes alternativas de energia elétrica (PROINFA) instituído pela lei federal nº 10.438/2002 e consolidou-se com a resolução normativa da agência nacional de energia elétrica (ANEEL) nº 482/2012, que estabeleceu sistema de compensação de energia para microgeração e minigeração distribuída. A última fase é a de expansão após o ano de 2016 consolidou-se após revisões da resolução normativa da ANEEL 482/2012 e aprovação da lei federal nº 14.300/2022 conhecida como marco legal da geração distribuída, conferindo segurança jurídica aos investimentos.

De acordo com Tammaro et al., (2016) existe vários riscos relacionas ao descarte inadequado de painéis solares sendo os principais a exposição de Chumbo, Cádmiio, Selênio e Prata, e de acordo com Andrade (2022) O descarte em aterros convencionais não impermeabilizados pode ocasionar lixiviação, contaminando solo e aquífero.

Com isso a lei federal nº 12.305/2010 instituiu marco regulatório sobre a gestão de resíduos no Brasil introduzindo conceitos como responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos presente no artigo 30, a logística reversa presente no artigo 3º, XII e hierarquia na gestão com a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final presente no artigo 9º. Um dos mais importantes pontos para nosso estudo é o artigo 33, VI o qual versa sobre a implementação de sistemas de logística reversa ou seja os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes produtos eletroeletrônicos e seus componentes, devem instituir programas de logística reversa.

A até 2020 não se tinha ainda uma clara definição dos objetos sujeitos a logística reversa em relação a produtos eletroeletrônicos, após a publicação do decreto federal nº 10.240/2020, ficou tangível que os fabricantes e importadores devem dar destinação ambientalmente adequada aos produtos eletrônicos reunidos ou devolvidos, assim sendo assim ela transfere ao setor privado responsabilidade operacional e financeira, além de em seu anexo constar de forma clara como item eletrônico módulos fotovoltaicos.

Contudo ao analisar o mesmo decreto federal nº 10.240/2020, encontra-se uma limitação em sua abrangência lei somente poderá ser aplicada no caso os resíduos forem provenientes de uso doméstico ou equiparados, a restrição ao uso doméstico isso fica claro em seu artigo 4º que estipula que o objeto do decreto é a estruturação, a implementação e a operacionalização de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico existentes no mercado interno.

A lei federal nº 12.305/2010 também estipula a criação do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), mais especificamente nos artigos 18 e 19 da lei

supramencionada, o qual condiciona acesso de municípios a recursos federais à elaboração de PMGIRS, documento que deve diagnosticar situação local, estabelecer metas e definir programas. Mais precisamente no artigo 19 existe uma exigência de criação de em plano de ações preventivas e corretivas.

Contudo o decreto não fixou metas claras de coleta/reciclagem, limitando-se a exigir destinação adequada de apenas dos produtos que forem recebidos, assim cada município tem que versar sobre suas metas e criar seus próprios critérios avaliativo.

O estado de Goiás antecipou-se à PNRS federal com a lei estadual Lei nº 14.248/2002 a qual criou a política estadual de resíduos sólidos a qual após revisão em 2024 implementou o programa SUKATECH o qual foi pensado para inclusão digital através da reutilização de equipamentos, bem como obrigatoriedade de o poder público criar pontos de descarte correto e sustentável de equipamentos eletroeletrônicos da administração pública, conforme e narrado, mas novamente não se e mencionado módulos fotovoltaicos de forma direta. Em 2017 foi criado o plano estadual de resíduos sólidos de Goiás (PERS-GO) o qual versa que no estado de Goiás ainda não existe um sistema de logística reversa com foco em resíduos eletroeletrônicos, tendo apenas algumas iniciativas sem impacto e sem alcance, e tais iniciativas partem de instituições públicas ou empresas. E novamente não foi feita menção direta a logística reversa de painéis solares.

Com tal omissão federal e estadual de acordo com a constituição federal em seu artigo 30, I e II, os municípios devem nesses casos legislar sobre o assunto para suprir a legislação estadual e federal. Bem como fica claro na própria PNRS em seu artigo 4º onde permite expressamente que os municípios façam suas regulamentações complementares por estarem em regime de cooperação.

METODOLOGIA

Esta pesquisa configura-se como exploratória-descritiva, de abordagem qualitativa, utilizando procedimentos de pesquisa documental. A natureza exploratória justifica-se pela escassez de estudos sobre regulamentação municipal de resíduos fotovoltaicos no Brasil. pesquisa qualitativa exploratória é particularmente adequada para estudos em áreas onde há uma fragmentação das informações e uma necessidade de uma análise crítica e integradora (Stake, 1995).

A abordagem qualitativa decorre da natureza dos dados textos legislativos, planos municipais os quais demandam interpretação hermenêutica. Procedimentos de quantificação simples dos percentuais, frequências foram empregados para dimensionar magnitude das lacunas (Creswell, 2014).

Foi realizado um corte espacial no Estado de Goiás, com totalidade dos 246 municípios, Goiás foi selecionada por dois motivos a proximidade do pesquisado, assim facilitando a compreensão cultural do local e costumes relacionados ao descarte de resíduos sólidos, outro motivo da escolha do Estado de Goiás e sua relevância no mercado fotovoltaico figura entre os 10 maiores estados em potência fotovoltaica de acordo com a ANEEL (2025) a Diversidade municipal atual e de 246 municípios com portes variados sendo de 2.500 a 1,5 milhão de habitantes, assim oferecendo uma amostra representativa da heterogeneidade brasileira (IBGE, 2022).

Fizemos um recorte temporal na pesquisa de janeiro de 2010 a setembro de 2025, visto que a PNRS foi promulgada em 2010 a qual regulamenta os resíduos sólidos, representando inflexão regulatória que justifica análise da resposta municipal subsequente.

O universo da amostra da pesquisa foi 246 municípios goianos (IBGE 2022). Ou seja, a amostra censitária foi a totalidade do universo, essa decisão na seleção elimina vieses de seleção, conferindo poder de generalização (Gil, 2008). A natureza documental permite acesso remoto simultâneo, assim evitação de lacunas.

Para fundamentação teórica, aplicou-se o ProKnow-C (Knowledge Development Process - Constructivist), desenvolvido por Ensslin et al. (2010), A adoção do ProKnow-C neste projeto permitirá a criação de um banco de dados acadêmico e legislativo focado na gestão de resíduos fotovoltaicos em âmbito dos municípios de goiás

A coleta de dados se iniciou nos portais de transparência municipais, visto que são a fonte primária de informações, bem como os próprios repositórios instituídos pela Lei de Acesso à Informação a Lei nº 12.527/2011, contendo leis, decretos, portarias e PMGIRS, e segundo Guedes, Moura e Jardim (2012) os portais trazem para pesquisa autenticidade documental, abrangência temporal, acessibilidade remota.

Foram definidos protocolos de busca para pesquisa e seleção, sendo eles divididos em fases, a fase 1 consiste em realizar o acesso aos portais de transparência, todos os municípios devem seguir o mesmo padrão de URL oficial com final .go.gov.br, com essa informação acessamos todos os sites das prefeituras através da URL oficial [www.\[município\].go.gov.br](http://www.[município].go.gov.br) após

acessar o site do município passamos a localizar em seu rodapé ou cabeçalho a seção "Legislação Municipal" ou "Transparência", sendo que após acessar o segundo, passamos a localizar "Legislação Municipal".

Após identificar os repositórios municipais passamos a fase 2 a localização dos planos, aqui fazemos uma observação devido a existência de municípios que utilizam o plano municipal de saneamento básico (PMSB) como documento sobre resíduos sólidos optamos por inclui-lo na busca sendo assim forma buscadas PMGIRS e/ou PMSB, bem como também foram aceitos plano intermunicipal de gestão integrada de resíduos sólidos que serão para fins do estudo contabilizados como PMGIRS devido sua mesa função social, dentro do portal da transparência, no local de pesquisas foram utilizados os descritores " Plano Municipal de Saneamento Básico " "PMSB" " PMGIRS " " Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos", e sendo localizado o plano foi feito o download em PDF para na próxima fase realizarmos as buscas eletrônicas, com o documento aberto em no leitor de PDF Adobe Acrobat Reader Foi realizado a buca através do atalho CTRL+F e no banco de busca foram utilizados os descritores conforme fase 3.

Na fase 3 realizamos as buscas aplicando os com os 11 descritores divididos em 3 categorias após identificado o termo no texto foi feito a leitura contextual de trechos identificados para validação e inclusão dele na tabela na fase 4, os descritores utilizados foram:

Categoria A – Energia + resíduo:

"Energia solar" AND "resíduo" "Energia fotovoltaica" AND "descarte"

Categoria B – Resíduos eletrônicos:

"Resíduo eletrônico" / "Resíduos eletrônicos" "Lixo eletrônico" "REEE"

Categoria C – Gestão:

"Logística reversa" "Reciclagem" + "fotovoltaico"

Na fase 4 foi realizado o registro sistematizado através de uma planilha no software Excel contendo 4 colunas sendo elas Nome do município, número da lei que criou o plano ou ano de sua criação, PMGIRS ou PMSB disponível? (sim/não), e URL do portal, a data de acesso não foi posta visto as pesquisas nos portais terem sido realizadas todas em cinco dias de 1 e 5 de dezembro de 2025.

Foi observado algumas limitações técnicas no estudo, foi observado 08 portais sem busca representando 3,25% do total, neste foi realizado a navegação manual por índices cronológicos, leitura de ementas de atos normativos para tentarmos localizar a PMGIRS ou PMSB. O portal de

03 municípios se encontrava no momento da busca indisponíveis representado 1,22 % do total, foram realizadas quatro tentativas acrescentada de consulta a sites das câmaras municipais em cinco dias diferentes. Não foram localizados PMGIRS ou PMSB 144 municípios representado 58,54% do total, neste caso realizamos uma busca adicional nos sites das câmaras municipais, não sendo localizados realizamos uma busca no google com "PMGIRS PMSB [município]".

Foram utilizados critérios de Análise e Categorização sendo criado três categorias não correlacionadas sendo a primeira municípios com legislação e/ou menção no PMGIRS e/ou PMSB sobre REEE a segunda para municípios com legislação e/ou menção no PMGIRS e/ou PMSB sobre logística reversa de eletrônicos e a terceira categoria para os municípios com legislação sobre módulos fotovoltaicos, e os critérios de inclusão da legislação como validade foram:

Legislação válida se atendessem:

- a) Enquadramento abrangente com a Inclusão em "REEE" ou "resíduos tecnológicos" "produtos eletroeletrônicos e seus componentes" "produtos eletroeletrônicos";
- c) Logística reversa voltada a obrigações para equipamentos de geração de energia e/ou eletrônicos;
- c) Menção expressa a termos "painel/modulo solar/fotovoltaico" no texto.

Embora essa conduta seja proibida pela lei de acesso à informação (lei nº 12.527/2011) devemos mencionar que a dependência de portais para obtenção de legislações pode resultar em um dado distorcido da realidade podendo existem legislações não publicadas online.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Concluído o levantamento sistemático em todos os 246 municípios goianos com o recorte temporal de janeiro de 2010 até setembro de 2025, chegamos a um resultado preocupante quanto à implementação de políticas municipais de gestão de resíduos sólidos, visto que mais da metade dos municípios não possuem qualquer lei ou plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos e/ou plano municipal de saneamento básico, e os que o possuem ainda carece de especificações claras sobre essa temática, o que foi observado em sua grande maioria, foi apenas uma replicação da lei federal em seus planos, sendo assim não se utilizaram do dispositivo para sanar as obscuridades da lei, como foi determinado pelo decreto federal 10.240/2020, no que tange à resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, foi observado também que em nenhum município

goiano existe uma lei específica ou em seus planos municipais de gestão prevendo de forma clara a reciclagem, logística reversa ou descarte ambientalmente correto dos módulos fotovoltaicos, conforme mostrado no quadro abaixo.

Quadro 1 – Síntese quantitativa dos achados

indicadores	resultado absoluto	%
Total de municípios pesquisados	246	100%
Portal funcional	243	98,78%
Mecanismo de busca operacional	238	96,75%
Municípios com PMGIRS e/ou PMSB	132	53,66%
Municípios com legislação e/ou menção no PMGIRS e/ou PMSB sobre REEE	98	39,84%
Municípios com legislação e/ou menção no PMGIRS e/ou PMSB sobre logística reversa de eletrônicos	81	32,93%
Municípios com legislação sobre módulos fotovoltaicos	0	0%

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados da pesquisa (2025)

O primeiro resultado revela que da totalidade de 246 dos municípios pesquisados 243 possuem portal de transparência funcional, correspondendo 98,78% dos municípios totais, com isso podemos demonstra um avanço significativo no cumprimento das obrigações de transparência pública estabelecidas pela lei de acesso à informação 12.527/2011 , a qual determina divulgação de informações de interesse coletivo mediante canais eletrônicos de preferência abertos, não necessitando de solicitações, a disponibilidade dos portais constitui para pesquisa pressuposto técnico indispensável visto que a pesquisa é documental sobre políticas públicas municipais, viabilizando o acesso a legislações, planos e relatórios que demonstram ações governamentais em gestão de resíduos.

Outro ponto analisado foi a operacionalidade do mecanismo de busca visto que sem ele teríamos que fazer as pesquisas de forma manual nos portais, podendo ocorrer erros na coleta dos dados, tornado a pesquisa menos confiável, de acordo com Di Pietro (2021) a e transparência não se resume a disponibilização formal de dados, mas requer acessibilidade efetiva mediante instrumentos que facilitem compreensão e utilização das informações., contudo foi verificada que em 96,75% dos portais, considerando o total da amostra, estavam funcionais.

Passamos a analisar um dos pontos mais críticos da pesquisa do total da amostra apenas 53,66% dos municípios, ou seja, apenas 132 municípios possuem PMGIRS e/ou PMSB, com isso podemos inferir que existe um descumprimento demasiadamente alto ao artigo 18 12.305/ 2010, o qual estabelece a obrigatoriedade da elaboração do plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos como condição para acesso a recursos federais destinados a empreendimentos e

serviços relacionados à gestão de resíduos. Os municípios em sua totalidade tinham um prazo final até 2024 para elaboração de tais planos.

A ausência de planos municipais em 46,34% dos municípios goianos pesquisados compromete de forma estrutural a capacidade de planejamento, implementação e monitoramento de políticas locais de gestão de resíduos, assim, criando um vácuo institucional que perpetua práticas inadequadas como a possível deposição dos resíduos que estão sujeitos a logística reversa em lixões ou aterros controlados sem segregação adequada de resíduos especiais.

Considerando os 132 municípios que elaboraram plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou plano municipal de saneamento básico, apenas 98 apresentam legislação ou menção específica sobre resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, o que representa 74,24% dos municípios com planos e 39,84% do total de municípios pesquisados, assim podemos inferir que embora seja realizado o plano o tratamento dado é genérico, e o tratamento específico de resíduos eletroeletrônicos permanece marginalizado.

Por sua complexidade conforme o artigo 33 VI da lei 12.305/2010 os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos constituem categoria de particular complexidade, sendo necessário a logística reversa obrigatória estruturada por fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes sendo independentemente do serviço público de limpeza urbana, para que estes possam dar destino ambientalmente adequado, a omissão municipal em abordar especificamente essa categoria nos planos de gestão ou aproveitar o PMSB para o utilizar como adequação a legislação federal, sendo ainda mais generalista vai de encontro ao princípio da responsabilidade compartilhada estabelecido no artigo 30 da lei 12.305/2010 e conforme explanado por Milaré (2015) a responsabilidade recai sobre setor empresarial, contudo é papel do Estado articular e fiscalizar, sendo assim os municípios devem dar as diretrizes para o setor empresarial, conforme princípio da responsabilidade compartilhada.

No que tange ao principal objeto de nosso estudo os resultados se apresentam ainda mais preocupantes, resultando na ausência de legislação municipal sobre módulos fotovoltaicos em todos os 246 municípios pesquisados, correspondendo então a 0% de respaldo normativo específico, essa ausência vai de encontro a lacuna localizada no decreto federal 10.240/2020 o qual restringe a logística reversa de produtos eletroeletrônicos a uso doméstico excluindo resíduos comerciais e industriais, o que foi localizado quase na totalidade dos planos foi a mera citação do artigo 33 VI da lei 12.305/2010.

Contudo a ausência total de normativa municipal sobre gestão de resíduos fotovoltaicos

revela que o problema não se restringe as limitações, do decreto federal 10.242/2020, mas dá indícios de uma lacuna sistêmica que perpassa todos níveis federativos, e de acordo com Machado (2020) o princípio da prevenção impõe ao Poder Público a obrigação de antecipar-se aos danos ambientais conhecidos ou previsíveis, bem como não é juridicamente aceitável aguardar concretização do dano para então atuar, e a omissão administrativa diante de riscos ambientais evidentes configura não apenas falha de gestão, mas potencial responsabilização por dano ambiental futuro. Podendo ser aplicado no caso concreto como os painéis solares com vida útil programada é volume expressivo.

Considerando crescimento acelerado da energia solar em Goiás, com expansão significativa tanto de geração distribuída quanto de usinas de geração centralizada conforme dados apresentados pela ABSOLAR (2025), a ausência de planejamento municipal para gestão de resíduos fotovoltaicos constitui omissão, pois os painéis solares instalados atualmente em território goiano começarão a atingir fim de vida útil entre 2040 e 2045, e no caso de não se ter uma normativa específica sobre a logística reversa, armazenamento e destinação ambientalmente adequada, poderá resultar em descarte irregular com consequente contaminação ambiental por metais pesados e outras substâncias tóxicas presentes na composição dos módulos.

Por fim devemos considerar que os impactos ambientais mais amplos dos módulos fotovoltaicos, embora se note vários benefícios na implementação desta tecnologia seu descarte representa desafios ambientais significativos. A extração de materiais como para sua produção pode causar impactos ambientais e sociais ainda imprevisíveis, enquanto seu descarte inadequado pode levar à poluição do solo e da água (Andrade, 2022). Portanto, é necessário o desenvolvimento de políticas para se ter um descarte ambientalmente correto, eficiente e sustentável para os módulos fotovoltaicos.

CONCLUSÃO

A pesquisa foi conduzida com a finalidade de analisar o atual estado da regulamentação municipal no estado de Goiás sobre a gestão de resíduos de módulos fotovoltaicos, bem como questionando se os municípios goianos estão preparados do ponto de vista normativo-legal, para enfrentar o desafio da destinação adequada desses resíduos tecnológicos que começarão a ser massivamente descartados entre 2040 e 2045, com o levantamento censitário realizado nos 246 municípios goianos, abrangendo período de janeiro de 2010 a setembro de 2025, permite concluir

que os municípios goianos não estão preparados para gerir resíduos de módulos fotovoltaicos, configurando lacuna normativa sistêmica que perpassa todos os níveis federativos, visto que a legislação federal passa parte da responsabilidade aos estados e municípios.

Os resultados demonstraram que quanto mais específica a matéria maior o déficit legislativo, quando falamos de gestão de resíduos sólidos já pode-se observar uma lacuna entre o total de municípios de Goiás e o total de municípios com plano de gestão de tais resíduos, e quando especificamos para logística reversa de produtos eletrônicos esse número diminuir drasticamente, quando falamos de logística reversa de módulos fotovoltaicos, ela inexistente na legislação atual.

Essa ausência absoluta de regulamentação municipal corrobora lacuna identificada no decreto federal 10.240 de 2020, que restringe logística reversa de produtos eletroeletrônicos a uso doméstico ou equiparados, excluindo resíduos comerciais e industriais, contudo, o problema não se restringe a limitação do decreto, mas é identificada uma omissão sistêmica que evidencia desarticulações entre políticas federais estabelecendo obrigações ao setor empresarial e políticas municipais que deveriam complementar e fiscalizar implementação local desses sistemas. Conforme explanado por Milaré (2015), ainda que a logística reversa seja obrigação dos fabricantes e importadores, os municípios não estão eximidos de responsabilidades, sendo competido a eles a fiscalização, implementação dos sistemas, articular ações locais e integrar resíduos especiais ao planejamento municipal de gestão.

Tal omissão por parte do poder municipal evidencia uma violação ao princípio da prevenção contido no artigo 6º da lei 12.305/2010, o qual impõe ao poder público a obrigação de se antecipar aos danos ambientais conhecidos ou previsíveis como e o caso concreto, os módulos têm sua vida útil limitada, essa condição é conhecida e previsível, devendo o poder público criar ações para antecipar e mitigar os danos, como a lei federal passou a responsabilidade aos municípios estes devem reger sobre esse tema.

Diante da complexidade da temática, carece de estudos complementares mais aprofundados para propor soluções adequadas ao problema identificado, neste momento proposições legislativas prematuras, sem diagnóstico técnico robusto sobre volumes projetados, custos operacionais, tecnologias de reciclagem disponíveis e modelos de financiamento viáveis, podem resultar em normas inexecutáveis.

Portanto, embora lacuna normativa identificada demande ação preventiva urgente, recomenda-se que a formulação de diretrizes específicas seja precedida por pesquisas

complementares que subsidiem tecnicamente proposições legislativas, assegurando que regulamentação municipal futura seja simultaneamente ambientalmente efetiva, economicamente viável e juridicamente consistente com competências constitucionais e arcabouço normativo federal estabelecido pela PNRS.

A presente investigação contribui para literatura nacional sobre gestão de resíduos tecnológicos ao fornecer primeiro diagnóstico censitário sobre regulamentação municipal de resíduos fotovoltaicos no Estado de Goiás, evidenciando a magnitude da lacuna normativa e urgência necessidade de ação preventiva. Limitações do estudo incluem dependência de portais de transparência para acesso a documentos, podendo existir legislações não publicadas online embora essa prática contrarie Lei de Acesso à Informação, e recorte geográfico limitado ao Estado de Goiás impedindo generalização direta para outros estados embora heterogeneidade municipal goiana sugira que padrão possa ser similar nacionalmente. Pesquisas futuras devem investigar capacidade técnica e financeira municipal para implementar diretrizes propostas, analisar experiências internacionais de gestão municipal de resíduos fotovoltaicos adaptáveis ao contexto brasileiro, e acompanhar longitudinalmente evolução regulatória goiana mediante estudos de série temporal que permitam avaliar impacto de intervenções legislativas.

Conclui-se que ausência de regulamentação municipal sobre resíduos fotovoltaicos em Goiás não representa mera lacuna administrativa mas omissão que compromete sustentabilidade de longo prazo da transição energética em curso, a energia solar, celebrada como solução ambiental durante geração, pode tornar-se problema ambiental no descarte se gestão pós-consumo não for planejada preventivamente., sendo este o momento mais oportuno para ação corretiva considerando que volume de resíduos ainda é incipiente, permitindo estruturação de sistemas antes do descarte massivo projetado para duas décadas futuras, a Janela de oportunidade regulatória está aberta mas não indefinidamente. Cabe aos gestores públicos municipais, assessorados por ministério público, tribunais de contas e sociedade civil organizada, promoverem urgentemente adequação normativa que assegure que revolução solar goiana seja efetivamente sustentável do início ao fim, honrando compromisso constitucional de defender e preservar meio ambiente ecologicamente equilibrado para presentes e futuras gerações conforme preceitua o artigo 225 da constituição federal.

AGRADECIMENTO

Gostaria de agradecer o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) processo nº 202410267000777, o qual foi fundamental para realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **2025 Goiás ultrapassa R\$ 7,9 bilhões em investimentos na geração solar.** Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticias-externas/goias-ultrapassa-r-79-bilhoes-em-investimentos-na-geracao-solar/>>. Acesso em: 12 set. 2025.

ABSOLAR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **ABSOLAR. Panorama da solar fotovoltaico no Brasil e no mundo.** 2023. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Acesso em: 20 ago. 2025.

ABSOLAR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Fonte solar chega a 45 gigawatts no Brasil.** 2024 Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticias-externas/fonte-solar-chega-a-45-gigawatts-no-brasil/>>. Acesso em: 12 set. 2025.

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Acompanhamento da Expansão da Oferta de Geração** Disponível em: <<https://portalrelatorios.aneel.gov.br/Ralie>>. Acesso em: 21 set. 2025

ANDRADE Rodrigo Da C. **Impacto Ambiental De Lixões E Aterros Sanitários Em Recursos Hídricos**, 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Goiás. Disponível em: <https://goias.gov.br/meioambiente/wp-content/uploads/sites/33/2023/07/pers_versao_final_forum_de_residuos_solidos-4bd.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL. **CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10240.htm>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL. **LEI Nº 10.438, DE 26 DE ABRIL DE 2002.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110438.htm>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL. **LEI Nº 12.527, DE 18 DE NOVEMBRO DE 2011.** Disponível em:

<https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/112527.htm>. Acesso em: 10 set. 2025.

BRASIL. **LEI Nº 14.300, DE 6 DE JANEIRO DE 2022**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/114300.htm>. Acesso em: 10 jun. 2025.

Creswell John W. **Investigação Qualitativa e Projeto de Pesquisa: Escolhendo entre Cinco Abordagens**, 2014. ISBN-13978-8565848886.

Di Pietro Maria S. Z. **Direito Administrativo**, Rio de Janeiro, Forense, 2022. Descrição Física: xxxiv, 1087 p. ISBN: 9786559643028

ENSSLIN, L. et al. **ProKnow-C, knowledge development process** - constructivist. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. 2010a

GIELEN, Dolf et al. **The role of renewable energy in the global energy transformation. Energy Strategy Reviews**, v. 24, p. 38–50, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X19300082>>. Acesso em: 09 ago. 2025.

Gil, António Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: <<https://biblioteca.unisced.edu.mz/bitstream/123456789/2601/1/M%C3%A9todos%20e%20t%C3%A9cnicas%20de%20pesquisa%20social.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2025.

GOIÁS. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos de Goiás**. 2017. Disponível em: <https://goias.gov.br/meioambiente/wp-content/uploads/sites/33/2023/07/pers-versao_final_forum_de_residuos_solidos-4bd.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

GOIÁS. **LEI Nº 14.248, DE 29 DE JULHO DE 2002**. Disponível em: <<https://legisla.casacivil.go.gov.br/api/v2/pesquisa/legislacoes/81810/pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2025.

GUEDES, Roger de Miranda; MOURA, Maria Aparecida; JARDIM, José Maria. **A lei de acesso à informação pública: dimensões político-informacionais**. Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação, [S. l.], v. 5, n. 1, 2012. Disponível em: <<https://revistas.ancib.org/tpbci/article/view/266>>. Acesso em: 10 jun. 2025.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE, **Censo 2022**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/panorama>>. Acesso em: 21 set. 2025

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **End-of-life management for solar photovoltaic panels**. Abu Dhabi, 2016. Disponível em: <<https://www.irena.org/Publications/2016/Jun/End-of-life-management-Solar-Photovoltaic-Panels>>. Acesso em: 18 jun. 2025.

Machado Paulo A. L. **Direito ambiental brasileiro**. Salvador, JusPODIVM, São Paulo, Malheiros, 2020. ISBN: 9788539204632

MAKA, Ali O. M.; ALABID, Jamal M. **Solar energy technology and its roles in sustainable development**. *Clean Energy*, v. 6, n. 3, p. 476–483, 2022. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/361273226_Solar_energy_technology_and_its_roles_in_sustainable_development>. Acesso em: 09 ago. 2025.

MILARÉ. Edis. **Direito do Ambiente**. 3. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015

OTTONELLI, Janaina; CRUZ, Ulysses de Brito; ROSA, Adriano Costa; ANDRADE, José Célio Silveira. **Oportunidades e desafios do setor de energia solar fotovoltaica no Brasil**. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 52, n. 4, p. 8–26, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.61673/ren.2021.1199>>. Acesso em: 19 jun. 2025.

PORTAL SOLAR, **Célula fotovoltaica**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html>>. Acesso em: 18 jun. 2025.

STAKE, Robert E. *The art of case study research*. Thousand Oaks, CA, USA: SAGE Publications, 1995.

TAMMARO, Marco et al. **Experimental investigation to evaluate the potential environmental hazards of photovoltaic panels**. *Journal of Hazardous Materials*, v. 306, p. 395–405, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389415302788>>. Acesso em: 19 jun. 2025.