

## **TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E DESENVOLVIMENTO NO BRASIL: ANÁLISE DA DESIGUALDADE REGIONAL NO USO DE SISTEMAS DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA (MMGD)**

Temidayo James Aransiola<sup>1</sup>

Carlos Raul Etulain<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Estadual de Campinas*

DOI: 10.47168/rbe.v30i2.858

### **RESUMO**

A Lei 14.300 de janeiro de 2022 estabeleceu o marco legal para a produção de energia elétrica por meio da Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD) com o objetivo de promover a redução dos custos energéticos, tanto para domicílios e empresas, e acelerar a transição energética para fontes renováveis. Usando os dados municipais sobre MMGD fornecidos pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), de 2013 a 2022, este estudo mostra como essa medida legislativa gerou um crescimento notável na instalação e utilização de energia renovável no país, sobretudo proveniente de fonte solar fotovoltaica. Usando o índice de Gini, o estudo também mostrou que existe alta desigualdade regional de potência instalada e nível de investimento em MMGD. A partir dessas análises, este estudo discute os desafios de desenvolvimento decorrentes dessa Lei, considerando o contexto de aumento crescente das tarifas elétricas e as desigualdades estruturais existentes em nível residencial, setorial e regional.

Palavras-chave: Transição energética; Desigualdade; ODS-7; ODS-10.

### **ABSTRACT**

Law 14,300 of January 2022 established the legal framework for energy production through Microgeneration and Distributed Minigeneration (MMGD) with the aim of promoting the reduction of electricity costs for households and businesses, and accelerating the energy transition to renewable sources. Using municipal data on MMGD provided by the Energy Research Company (EPE), from 2013 to 2022, this study shows how this legislative measure has led to a remarkable growth in the installation and use of renewable energy in the country, especially from solar photovoltaics. Using the Gini index, the study also identified high regional inequality in installed capacity and level of investment in MMGD. Based on these analyses, this study discusses the challenges

arising from this Law, considering the context of the increasing energy tariffs and the country's structural inequalities existing at the residential, sectoral, and regional levels.

Keywords: Energy transition; Inequality; SDG-7; SDG-10

## 1. INTRODUÇÃO

A transição energética é um caminho crucial para construir um futuro sustentável em termos ambientais, sociais e econômicos. No entanto, evidências recentes alertam que políticas adotadas por diversos países do norte global provocaram desigualdade energética no curto prazo, principalmente porque as motivações ambientais foram focadas no avanço da eletricidade gerada por fontes sustentáveis, porém sem considerar que estruturas socioeconômicas pré-existentes podem reproduzir e aumentar a desigualdade energética dessas políticas – conflito evidente entre ODS-7 e ODS-10 (BOUZAROVSKI e TIRADO HERRERO, 2017); (CARLEY e KONISKY, 2020); (DUBOIS e MEIER, 2016); (FRANKOWSKI e HERRERO, 2021); (KASHOUR, 2023); (SCHLESEWSKY e WINTER, 2018); (SINHA et al., 2022). Destarte, para evitar essa direção nos países da América Latina, onde a desigualdade socioeconômica é mais acentuada, é fundamental considerar essas experiências ao implementar políticas de transição.

O Brasil é uma referência global na transição para fontes renováveis de energia, principalmente devido ao uso predominante de energia hidrelétrica e aos avanços alcançados na redução de emissão de gases de efeito estufa e nas políticas públicas adotadas para promover uma transição energética justa, acessível e inclusiva. Embora haja grandes discrepâncias na América Latina, a região possui uma das matrizes de eletricidade mais limpas do mundo, com cerca de 30% provenientes de fontes hidráulicas (RAINERI et al., 2013).

A matriz elétrica do Brasil é predominantemente constituída de energia hidráulica, representando 60,7% e 53,4% em 2020 e 2021, respectivamente (BEN, 2022). A crescente produção e consumo de energia limpa no Brasil é notável. Quanto ao uso de energia (proxy para demanda), o setor de transporte e a indústria são os principais usuários, consumindo cerca de 35% cada em 2021, seguidos por residências, que representam 10%. Em 2021, 23%, 58% e 66% da energia usada pelos setores de transporte, industrial e residencial, respectivamente, eram de fontes renováveis (BEN, 2022). O uso expressivo de energia renovável em domicílios brasileiros é devido à abundância da fonte hidráulica e também, em parte, devido ao programa Luz para Todos, criado em 2003 para levar acesso à eletricidade nas áreas rurais remotas (FERREIRA e SILVA, 2021); (RAINERI et al., 2013). Para rea-

lizar uma transição energética justa no Brasil é necessário promover acesso universal a fontes renováveis de energia e incluir perspectivas de desenvolvimento que levem em conta o bem-estar, o meio ambiente e a acessibilidade a fontes modernas capazes de reduzir o custo de energia para todos. Programas como Luz para Todos e Mais Luz para o Amazonas são exemplos de iniciativas sociais adotadas pelo Brasil para promover o acesso à eletricidade, de modo que áreas remotas do país também possam usufruir dos benefícios da transição energética (FERREIRA e SILVA, 2021). No entanto, a desigualdade, um problema estrutural tanto no Brasil como na América Latina, como um todo, continua sendo um fator crítico que pode ameaçar o sucesso desse processo. Neste estudo será abordado o caso específico da Lei de Micro e Minigeração Distribuída (MMGD) para ilustrar como políticas voltadas para promover a transição energética podem ser afetadas pela desigualdade existente.

Em 2012 foi implementada no Brasil a regulação ANEEL nº 482, que criou o sistema de compensação de energia por meio de Micro e Minigeração Distribuída (MMGD). Essa regulação autoriza consumidores a produzirem energia elétrica para consumo próprio, com o objetivo de reduzir significativamente o custo e incentivar a transição energética no setor privado do país, tanto em residências como em empresas. Recentemente, em janeiro de 2022, foi sancionada a Lei 14.300, que institui o marco legal da MMGD (BRASIL, 2022).

De 2012 a 2022, o uso da MMGD cresceu exponencialmente, principalmente devido ao uso de energia solar fotovoltaica em residências privadas e estabelecimentos comerciais (BEN, 2022). De 2020 a 2021, apenas, este aumento foi de 84%, sendo que 88,3% desse total foi geração solar, principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso. É importante ressaltar que as projeções indicam que, de 2020 a 2050, a produção e o consumo de energia solar e eólica terão o maior crescimento em comparação com outras fontes renováveis (BELLO et al., 2023). Portanto, estudar o acesso justo a essas fontes energéticas é crucial para o desenvolvimento do país.

Embora grande parte da matriz elétrica do Brasil seja renovável, com destaque para a fonte hidráulica, e que quase todo o território do país já tenha acesso à eletricidade, a alta taxa de pobreza e desigualdade impede o acesso às fontes energéticas que podem reduzir o custo de energia, como a solar e eólica, contradizendo a ODS-7 (ONU, 2020). Além de acessibilidade, é importante acrescentar que o setor privado, que é o principal fornecedor de energia solar e eólica, é movido por forças de mercado (por exemplo, lucratividade, preços, participação de mercado, etc.) que, em geral, são desalinhadas com o objetivo desenvolvimentistas (RINALDI et al., 2021).

É importante adicionar que Artigo 36 da Lei 14.300 também instituiu o Programa de Energia Renovável Social (PERS), que visa financiar a instalação de sistemas fotovoltaicos e outras fontes renováveis para consumidores de baixa renda através de recursos advindos do Programa de Eficiência Energética (PEE). No entanto, há pouco avanço e desenvolvimento efetivo em relação a este programa.

A combinação da alta desigualdade socioeconômica, custos elevados de instalação e a predominância do setor privado na geração elétrica com energia solar e eólica gera um cenário propício para acentuar e perpetuar as desigualdades, ameaçando gerar o retrocesso no desenvolvimento, uma vez que grande parte da população não tem acesso a essas fontes de energia e, conseqüentemente, fica excluída dos benefícios proporcionados pela Lei 14.300, de MMGD. É importante ressaltar que essa perspectiva muitas vezes é negligenciada na análise macroeconômica que enfatiza, principalmente, o incentivo à transição energética no setor privado e à sustentabilidade ambiental.

O objetivo geral deste estudo é analisar a evolução do uso de Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD) para complementar o serviço elétrico público com intuito de baratear o custo de energia, enfatizando o papel da Lei 14.300, de MMGD. Para isso, primeiro, apresentam-se as principais características da lei, ressaltando seus objetivos e benefícios para o plano de transição energética. Em seguida, realiza-se uma análise descritiva dos dados sobre uso de MMGD, ressaltando a evolução temporal, os principais consumidores e a distribuição geográfica. Ademais, usando o índice de Gini, calcula-se o nível de desigualdade entre municípios e estados em termos da potência instalada e nível de investimento financeiro em MMGD, com o intuito de enfatizar o papel de desigualdades já existentes na adoção de MMGD, e como a Lei 14.300 pode agravar a situação atual, mesmo acelerando a transição energética para fontes renováveis, ou seja, causando possível contradição entre a ODS-7 e ODS-10. Por fim, discute-se a experiência de países do norte global para identificar boas práticas que possam servir para a implementação de políticas de transição energética no Brasil e na América Latina.

Este estudo é estruturado em seis seções, incluindo esta seção introdutória. A Seção 2 apresenta as principais características da Lei 14.300; Seção 3 mostra a análise geográfica e temporal de dados sobre o uso de MMGD; Seção 4 apresenta o nível de desigualdade da potência instalada e investimento em MMGD entre municípios e regiões do país; na Seção 5 desenvolve-se uma breve discussão sobre a desigualdade e a transição energética, baseada na experiência de países do norte global, ressaltando a importância da perspectiva desenvolvimentista. Finalmente, na Seção 6 conclui-se o estudo com considerações finais.

## **2. A LEI DA MMGD COMO MEDIDA DE INCENTIVO PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA**

A Lei 14.300, de Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD), foi sancionada em 2022 com o propósito de fomentar a ampliação do uso de fontes de energia renováveis no setor privado e em residências no Brasil, com o intuito de impulsionar a transição energética. Essa legislação é considerada um marco regulatório para a geração de energia elétrica por meio da MMGD, destinada ao consumo próprio, a fim de complementar a eletricidade fornecida pelo serviço público, representada pelo Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE). Essa lei permite que os consumidores invistam em fontes renováveis visando a redução dos custos com energia elétrica.

Na prática, tanto residências quanto empresas têm a possibilidade de instalar e utilizar eletricidade proveniente da Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD), seja de maneira local ou remota. Além disso, em consonância com o plano de transição energética, até 2030, a Lei estabelece um limite percentual da eletricidade associada ao serviço público que pode ser complementada por meio da MMGD, iniciando em 15% a partir de 2023 e aumentando anualmente em 15% até 2029, atingindo um máximo de 90%. O excedente gerado, ou seja, a diferença entre a quantidade de energia ativa consumida e a quantidade de energia ativa produzida e injetada na rede pela unidade consumidora que tem MMGD, poderá ser utilizado como crédito energético em ciclos de faturamento subsequentes ou por outros consumidores vinculados ao consumidor gerador. Em outras palavras, o benefício da MMGD é progressivo, cumulativo e compartilhável, o que resulta em uma redução significativa dos custos relacionados à energia elétrica.

O Artigo 36 da Lei 14.300 instituiu a criação do Programa de Energia Renovável Social (PERS), que é um financiamento concedido a consumidores de baixa renda que desejam instalar MMGD nas suas residências. No entanto, não houve qualquer desenvolvimento ou avanço sobre a implementação efetiva do programa após a publicação da Lei.

## **3. DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E TEMPORAL DE MICROGERAÇÃO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA (MMGD)**

No período entre 2013 e 2023, o total de sistemas e potência instalada de Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD) cresceram exponencialmente, aumentando de apenas 75 para 760.823 sistemas de geração de MMGD (Figura 1 – elaborada usando dados da EPE). Dentre os geradores, cerca de 99,9% correspondem a sistemas de energia solar fotovoltaica utilizados para autoconsumo em áreas remotas e para atender às necessidades da própria unidade consumi-

dora (conforme demonstrado na Figura 2 – elaborada usando dados da EPE). Nesse mesmo intervalo de tempo, o emprego da MMGD em residências registrou o maior crescimento em comparação com o seu uso em estabelecimentos comerciais, indústrias, produção rural, entre outros setores (Figura 3 – elaborada usando dados da EPE). Essa tendência ascendente no uso da MMGD se deve principalmente à regulamentação nº 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e, posteriormente, à promulgação da Lei 14.300, as quais contribuíram para a desburocratização de todo o processo relacionado à MMGD.

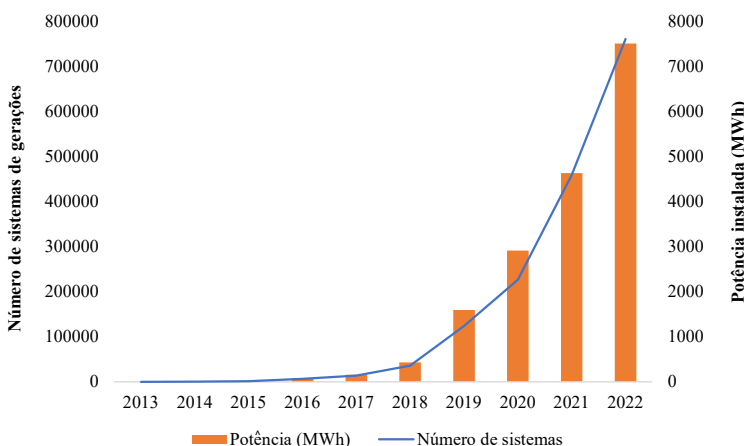


Figura 1 - Número e capacidade instalada de sistemas de Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD), 2013 a 2022, Brasil

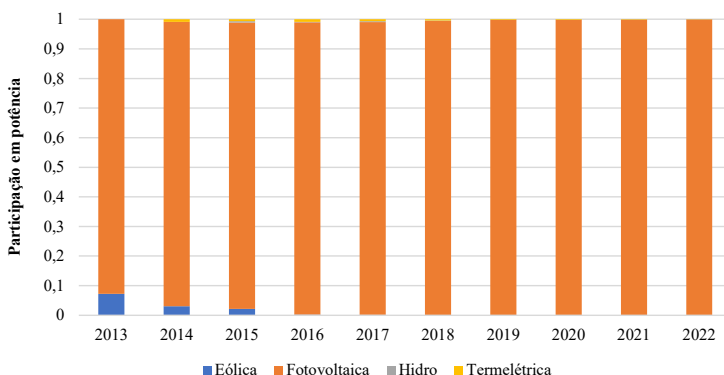


Figura 2 – Participação em capacidade instalada por tipo de sistema Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD), 2013 a 2022, Brasil

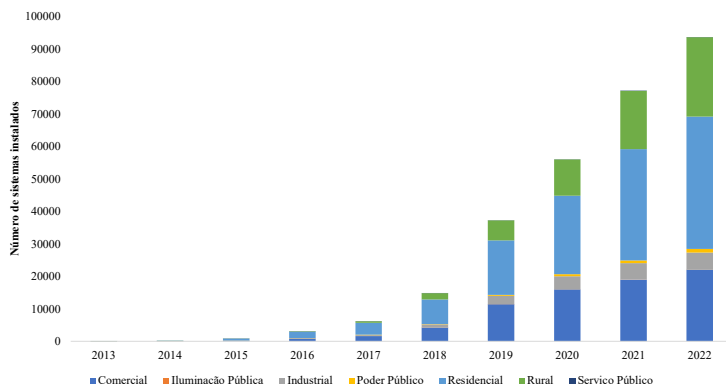


Figura 3 – Número de sistemas de Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD) instalados por tipo de consumidor, 2013 a 2022, Brasil

Apesar do crescimento notável na instalação e utilização da Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD), em conformidade com os planos e projeções de transição energética (BELLO et al., 2023), é evidente a presença de uma heterogeneidade regional nesse crescimento. A Figura 4 (elaborada usando dados da EPE) revela que apenas quatro estados (Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná) detêm aproximadamente 51,2% da capacidade instalada de MMGD no Brasil. Ademais, essa heterogeneidade também se manifesta em nível municipal, sendo que as cidades de Florianópolis e Brasília, mesmo não estando entre os estados com maior capacidade, apresentam a maior capacidade instalada. Em outras palavras, existe uma considerável desigualdade entre os estados e municípios em termos de capacidade instalada e utilização da MMGD. Coincidentemente, estes estão entre os estados com os maiores níveis de renda per capita do país de 2012 a 2020 (IBGE, 2021).

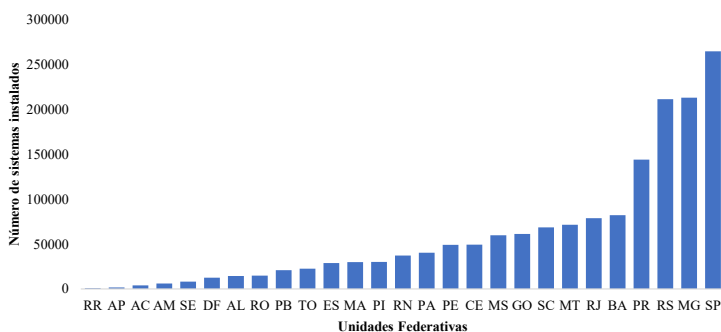


Figura 4 – Distribuição geográfica do número de sistemas instalados de Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD), 2013 a 2022, Unidades Federativas (UFs)

A Figura 5 (elaborada usando estimativas calculadas pela EPE) evidencia não apenas o significativo crescimento da geração de energia elétrica, principalmente a partir de sistemas fotovoltaicos, mas também o excedente de eletricidade injetado na rede das concessionárias ou permissionárias de energia, a qual supera a quantidade total consumida ao longo de todo o período. Essa estimativa, fornecida pela EPE, indica a acumulação de créditos energéticos para redução dos custos em ciclos futuros. Além disso, a Figura 6 (elaborada usando estimativas calculadas pela EPE) corrobora essa observação, ao demonstrar que, entre 2013 e 2022, a estimativa da Taxa Interna de Retorno (TIR) dos investimentos em projetos fotovoltaicos, calculada pela EPE, tem aumentado significativamente, sobretudo nas instalações destinadas a residências remotas e estabelecimentos comerciais que operam em baixa tensão. Esses resultados indicam um maior retorno sobre o investimento ao longo do tempo. Note que, na Figura 6, AT e BT denotam Alta Tensão e Baixa Tensão, respectivamente.

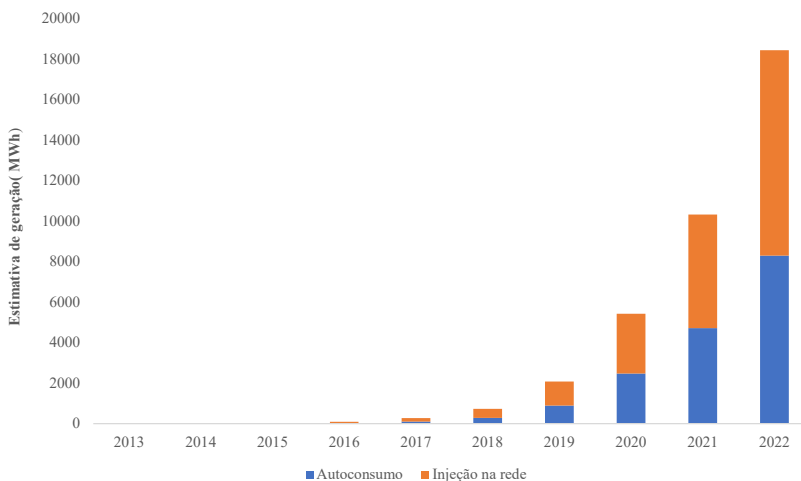


Figura 5 – Parcela de energia gerada alocada para autoconsumo e injetada na rede distribuidora, 2013 a 2022



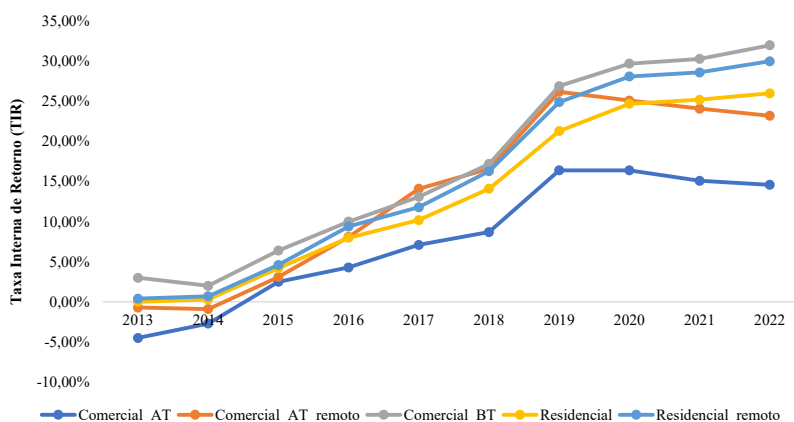


Figura 6 – Taxa Interna de Retorno de investimentos (TIR) em Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD), 2013 a 2022, Brasil

Em resumo, o uso da Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD) está apresentando um crescimento significativo no Brasil, e tanto residências como estabelecimentos comerciais estão se beneficiando das regulamentações da ANEEL nº 482 e da Lei 14.300 para ter acesso a uma fonte de geração energia elétrica moderna e capaz de reduzir os custos energéticos. No entanto, é importante considerar que as medidas regulatórias, implementadas para acelerar a transição energética em direção a fontes renováveis, podem estar deixando para trás segmentos da população que não possuem recursos financeiros para investir em tecnologias, como energia solar fotovoltaica ou outras formas de MMGD, com o intuito de mitigar o aumento significativo dos custos energéticos nos últimos anos, conforme ilustrado na Figura 7, que foi elaborada usando dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Na figura, os valores nominais foram deflacionados usando o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) calculado pelo IBGE.

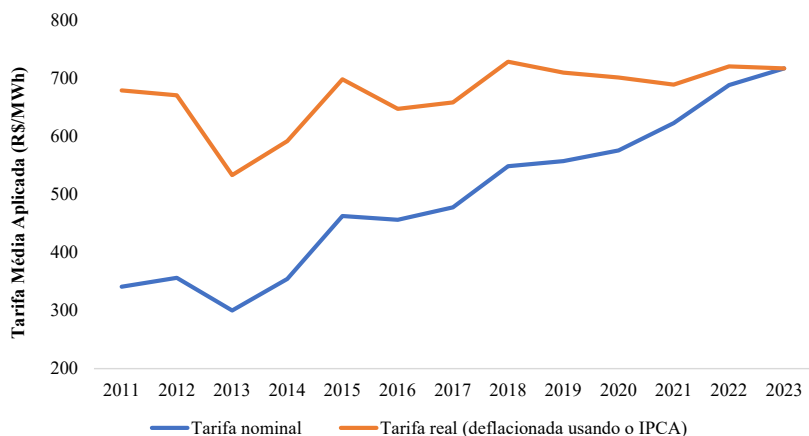


Figura 7 - Tarifa residencial média (valores nominais e reais, usando 2023 como ano base), 2011 a 2023, Brasil

#### 4. DESIGUALDADE REGIONAL DE POTÊNCIA E INVESTIMENTOS EM MICROGERAÇÃO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA (MMGD)

O índice de Gini é geralmente empregado para indicar a desigualdade de renda, mas estudos recentes da área têm usado esse indicador para medir a desigualdade energética (SCHLESEWSKY e WINTER, 2018); (ZHAO et al., 2022). Originalmente, o índice de Gini é uma medida que avalia a desigualdade na distribuição de renda em uma determinada população, numericamente variando de 0 a 1, sendo que 0 representa igualdade total e 1 desigualdade total. Para calculá-lo é necessário traçar a Curva de Lorenz, que compara a distribuição real de renda com uma distribuição perfeitamente igualitária. Essa curva mostra a porcentagem acumulada da renda total (eixo vertical) em relação à porcentagem acumulada da população (eixo horizontal). A linha diagonal representa igualdade absoluta, enquanto a curva de Lorenz mostra a desigualdade real. Matematicamente, o índice de Gini é calculado pela razão entre a área entre a linha de igualdade e a curva de Lorenz e a área total abaixo da linha de igualdade. Neste estudo, calcula-se o índice de Gini para medir o nível de disparidade que existe entre municípios e regiões do país em termos de potência instalada e investimento financeiro em MMGD (GASTWIRTH, 1972).

A Figura 8 mostra a evolução de desigualdade de potência instalada e investimento em MMGD no Brasil, de 2013 a 2022. Os valores similares observados do índice de Gini para a potência instalada e o investimento ao longo de todo período ocorrem porque as duas medi-

das são altamente correlacionadas. O aumento expressivo da desigualdade de 2013 a 2015 é devido ao baixo número de sistemas de MMGD instalados em todo país. Não obstante, o aumento da desigualdade de investimento e capacidade instalada é perceptível ao longo de todo período tanto em nível estadual, regional quanto no país como todo (Figuras 8-10).

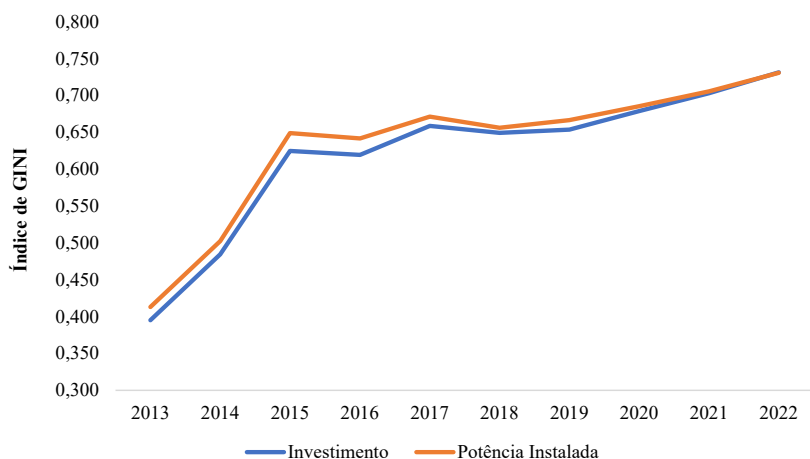


Figura 8 – Evolução do nível de desigualdade de potência instalada e investimento em Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD), 2013 a 2022, Brasil

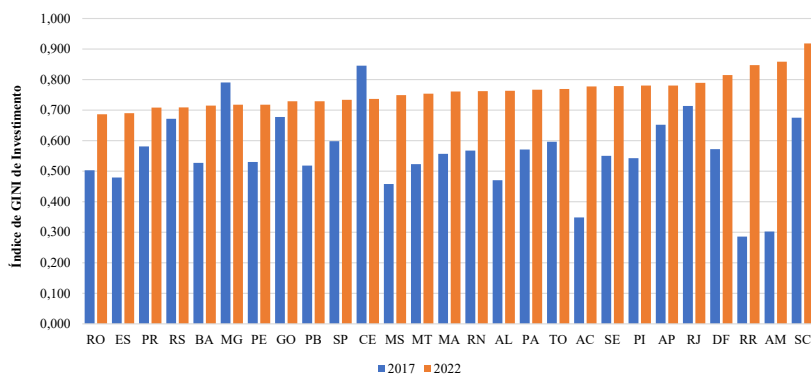


Figura 9 – Evolução do nível de desigualdade de investimento em Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD) por Unidade Federativa (UF), 2017 e 2022

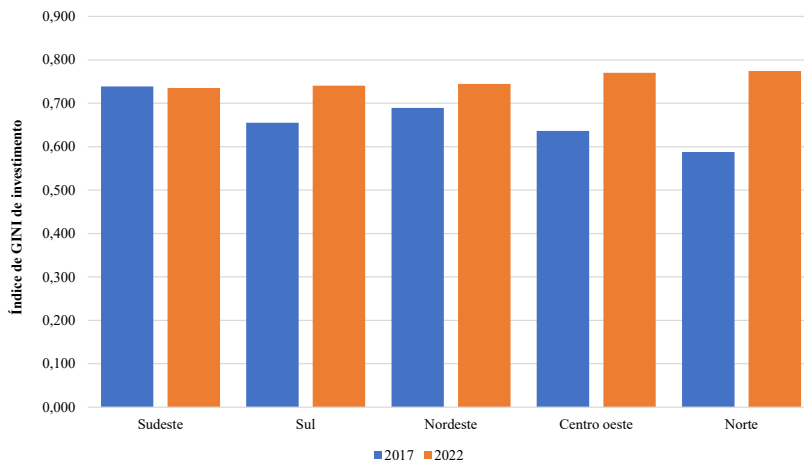


Figura 10 – Evolução do nível de desigualdade de investimento em Microgeração e Minigeração Distribuída (MMGD) por região, 2017 e 2022

## 5. DISCUSSÃO SOBRE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E DESIGUALDADE ENERGÉTICA

A pobreza energética se refere à falta de acesso à energia barata e confiável, enquanto a desigualdade energética se refere à distribuição desigual do acesso a recursos energéticos, infraestrutura e serviços entre regiões, setores e grupos da população (VOLODZKIENE e STREIMIKIENE, 2023). A literatura sobre a importância de levar em conta as desigualdades socioeconômicas no planejamento da transição energética é crescente, porém ainda focada na experiência de países do norte global (AWAWORYI et al., 2021); (CARLEY e KONISKY, 2020); (KASHOUR, 2023); (OSWALD et al., 2020); (SINHA et al., 2022); (TORRES CONTRERAS, 2020). Existe também evidência a nível global de que a redução de pobreza energética é eficaz para reduzir a desigualdade de renda (ACHEAMPONG et al. 2021). No entanto, o aumento do uso de fontes modernas e limpas de energia devido ao movimento crescente de transição energética tem gerado aumento da desigualdade de renda ao redor do mundo, principalmente devido à desarticulação de políticas de transição energéticas das desigualdades socioeconômicas e regionais pré-existentes (ACHEAMPONG et al. 2021). Este aumento da desigualdade energética em vários países do mundo pode aumentar o risco desses países entrarem em um ciclo vicioso de pobreza energética (SINHA et al., 2022).

Estudos apontam que o modelo de transição energética adotado na União Europeia negligencia a desigualdade regional de consumo

energético de domicílios (DUDOIS e MEIER, 2016); (BOUZAROVSKI e TIRADO-HERRERO, 2017); (KASHOUR, 2023). Consequentemente, esse modelo arrisca perpetuar as desigualdades estruturais pré-existent (CARLEY e KONISKY, 2020). Analisando o caso da Polônia, os subsídios governamentais implementados para promover o uso de fontes termais limpas obtiveram sucesso para melhorar a qualidade do ar em domicílios. No entanto, estudos alertam sobre potencial retrocesso no nível de desigualdade já que a definição dos subsídios não levou em conta a renda e necessidades dos domicílios (FRANKOWSKI e HERRERO, 2021). Similarmente, há evidência que desigualdade regional e a produção independente de energia, predominantemente por domicílios com renda elevada, são determinantes-chave da desigualdade energética na Alemanha (SCHLESEWSKY e WINTER, 2018).

Quanto à evidências na Ásia, a transição energética ocorre de forma desigual no Vietnã, sendo que domicílios pobres e de minorias dependem expressivamente de fontes tradicionais de energia, como carvão e biomassa (NGUYEN et al., 2019). Ademais, a pobreza energética reduziu, mas o custo energético aumentou, acentuando a vulnerabilidade de domicílios pobres (NGUYEN et al., 2019). Na Indonésia, as ações governamentais implementadas para promover a transição energética focaram excessivamente em iniciativas e projetos privados de grande escala, negligenciando as iniciativas modestas de pequenas comunidades (SETYOWATI, 2021). Tal viés aprofundou e regionalizou a desigualdade energética, além de enfraquecer comunidades vulneráveis (SETYOWATI, 2021). De modo similar, usando o indicador de Gini, estudos encontraram que a alta desigualdade no uso de sistemas fotovoltaicos e eólicos entre regiões da China se deve às disparidades regionais em termos do conhecimento técnico e gastos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) (ZHAO et al., 2022).

Considerando todas as fontes de energia, estudos reportaram que a desigualdade no consumo de energia apresenta uma tendência de redução no mundo como todo. No entanto, no tocante do consumo de eletricidade gerada por fontes renováveis, a Europa, Ásia Central, Ásia Oriental e Pacífico têm maior nível de desigualdade comparado com América do Norte e América Latina. Ademais, a desigualdade energética deteriora o meio ambiente e os países democráticos obtiveram maior sucesso em melhorar a qualidade do meio ambiente entre 1995 e 2018. Por exemplo, em La Venta, no México, o fomento e expansão da geração com energia eólica acentuou a desigualdade entre residente detentores de terra e aqueles sem-terra, causando mudanças nas dinâmicas sociais e econômicas locais (YAO et al., 2020).

Na América Latina e, especificamente no Brasil, existem poucos estudos empíricos que investigam o efeito da transição energética sobre a desigualdade energética. Não obstante, diversos estudos discursivos já ressaltaram a importância de considerar peculiaridades

e assimetrias regionais que são determinadas por fatores técnicos, sociais, econômicos, políticos e ambientais ao planejar a transição energética, sobretudo em países em desenvolvimento. No entanto, a evolução tecnológica é insuficiente para garantir o sucesso desses países na segurança energética, no Brasil e em vários países em desenvolvimento (GIMENES et al., 2021). Isso ocorre porque, mesmo com o acesso universal à energia no Brasil, muitos domicílios em situação de vulnerabilidade econômica não conseguem arcar com os custos crescentes da eletricidade e, conseqüentemente, enfrentam interrupção energética (CASTRO, 2017); (MATOS, 2008).

Existem diversas ações governamentais para promover o acesso a fontes modernas e sustentáveis de energia em domicílios em situação de vulnerabilidade econômica, ou em áreas rurais remotas. Entre essas, o Programa Luz Para Todos (LPT), o Programa Mais Luz Amazonas (MLA) e a instalação de microgeradores em casas do Programa Minha Casa Minha Vida. Estudos mostram que tanto o LPT como o MLA avançaram a universalização do acesso à energia elétrica no Brasil, sobretudo de fonte limpa e renovável para as áreas remotas (FERREIRA e SILVA, 2021). No entanto, existem lacunas que limitam a sustentabilidade desse acesso como, por exemplo, o atendimento da demanda produtiva local além da demanda residencial, maior envolvimento de comunidades locais na concepção e implementação do programa, o aperfeiçoamento do planejamento espacial e logístico do programa, e maior articulação do programa MLA com outros programas sociais (FERREIRA e SILVA, 2021). Em contraste, há também evidência que a articulação do LPT com outros programas sociais em Ribeirão, no Amazonas, garantiu tanto acesso à energia como a melhoria de diversos aspectos socioeconômicos da comunidade (GUIMARÃES, 2021). Não obstante, estes estudos estão de acordo que o programa LPT precisa ser melhor articulado com os interesses locais e não com interesses hegemônicos do mercado e do capital (FERREIRA e SILVA, 2021); (GUIMARÃES, 2021). Vale ressaltar também que existem estudos que demonstram preocupações sobre as mudanças estruturais causadas nas relações interpessoais nas comunidades tradicionais do Amazonas pela expansão de acesso de energia (ALMEIDA; ALVES, 2016).

No tocante à sinergia entre programas sociais com o plano de transição energética, o governo implementou o projeto de instalar sistema de energia e aquecimento solar nas unidades habitacionais criadas pelo Programa Minha Casa Minha Vida. Cerca de 80% dos beneficiários deste programa, entrevistados em cinco estados, reportaram estar satisfeitos com o sistema de aquecimento solar, principalmente pela redução de custos energéticos (ARREGUY et al., 2014). De maneira similar, outros estudos reportaram que os Micro e Minigeradores Distribuídos (MMGD), especialmente baseados em energia fotovoltaica-

ca, instalados nas unidades habitacionais do mesmo programa, demonstraram ser benéfico não somente para reduzir os custos, mas também para promover o exercício de cidadania e cooperativismo entre membros da comunidade local (MELO et al., 2018); (SOUZA e FERREIRA, 2019).

Todos os estudos revisados nesta seção estão em consenso sobre um ponto: para realizar uma transição justa e sustentável é necessário implementar políticas desenhadas conforme as peculiaridades e estruturas socioeconômica e regional de tal forma que as desigualdades já existentes possam ser mitigadas, e não acentuadas. Há avanço no Brasil neste sentido, pela implementação de programas como Luz para Todos e Mais Luz para Amazonas; instalação de aquecedores e energia solar em unidades habitacionais do programa Minha Casa Minha Vida e, mais recentemente; a instituição legal do Programa de Energia Renovável Social (PERS).

## 6. CONCLUSÃO

A combinação da alta desigualdade socioeconômica, custos elevados de instalação e a predominância do setor privado nos investimentos em energia solar e eólica geram um cenário propício para acentuar e perpetuar as desigualdades, ameaçando um retrocesso no desenvolvimento, uma vez que grande parte da população fica excluída dos benefícios proporcionados pela Lei 14.300 de MMGD. É importante ressaltar que essa perspectiva de análise muitas vezes é negligenciada na visão macroeconômica que enfatiza, principalmente, o incentivo à transição energética no setor privado e à sustentabilidade ambiental.

Este estudo mostra que a Lei 14.300 gerou um crescimento notável na instalação e utilização de sistemas de energia renovável no setor privado do país, sobretudo solares fotovoltaicos. Isso significa que tanto residências como estabelecimentos comerciais conseguiram reduzir expressivamente o custo de energia ao longo do período, além de garantir descontos cumulativos em gastos futuros através dos créditos de energia.

Usando o índice de Gini, o estudo também mostrou que existe um alto nível de desigualdade de potência instalada e nível de investimento em MMGD entre estados e regiões do país. A partir dessas análises, esse estudo destaca os desafios de desenvolvimento decorrentes dessa Lei, considerando o contexto de aumento crescente das tarifas energéticas para residências e as desigualdades estruturais existentes em nível residencial, setorial e regional.

Para estudos futuros, recomenda-se a investigação empírica dos determinantes da desigualdade energética regional do uso de sistemas MMGD, considerando variáveis econômicas, sociais e regionais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHEAMPONG, A. O.; DZATOR, J.; SHAHBAZ, M. Empowering the powerless: does access to energy improve income inequality? *Energy Economics*, vol. 99, p. 105288, 2021. .

ALMEIDA, M. G.; ALVES, A. Potenciais de Transformações entre Populações Tradicionais: Um estudo sobre o Programa Luz para todos no Meio Rural na Amazônia. *Revista Diálogos*, vol. 16, no. 1, p. 209–243, 2016. .

ARREGUY, E. G.; PEREIRA, E. M. D.; MOTTA, M. L. A. O Aquecimento Solar no Programa Minha Casa Minha Vida Pesquisa de Benefícios. 2014. Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS [...]. [S. l.: s. n.], 2014.

AWAWORYI CHURCHILL, S.; IVANOVSKI, K.; MUNYANYI, M. E. Income inequality and renewable energy consumption: Time-varying non-parametric evidence. *Journal of Cleaner Production*, vol. 296, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126306>.

BELLO, A.; LYRO, B.; PAIVA, G. GONZALEZ, G.; ARAÚJO, G.; LIMA, H.; SAMPAIO, L.; GUIMARÃES, P.; GUEDES, R.; MORAES, T.; TELLES, Y. Neutralidade de carbono até 2050: Cenários para uma transição eficiente no Brasil. [S. l.: s. n.], 2023.

BEN-EPE, {Empresa de Pesquisa Energética}. Balanço Energético Nacional. [S. l.: s. n.], 2022.

BOUZAROVSKI, S.; TIRADO HERRERO, S. The energy divide: Integrating energy transitions, regional inequalities and poverty trends in the European Union. *European Urban and Regional Studies*, vol. 24, no. 1, 2017. <https://doi.org/10.1177/0969776415596449>.

BRASIL. Lei No 14.300, de 6 de janeiro de 2022. (Promulgação partes vetadas) Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS). 2022.

CARLEY, S.; KONISKY, D. M. The justice and equity implications of the clean energy transition. *Nature Energy*, vol. 5, no. 8, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41560-020-0641-6>.

CASTRO, N. de. As Tarifas de Energia Elétrica no Brasil e em Outros Países: O Porquê das Diferenças. Rio de Janeiro (RJ): Fábrica de Livros, 2017.



DE MELO, L. S.; MEDEIROS, M. V. B.; BRITO, N. S. D.; SIMÕES, M. C. S. DE SOUZA, L. L.; DINIZ, D. S. Impactos sociais da geração distribuída fotovoltaica no programa minha casa minha vida em Juazeiro/BA. 2018. Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS [...]. [S. l.: s. n.], 2018.

DUBOIS, U.; MEIER, H. Energy affordability and energy inequality in Europe: Implications for policymaking. *Energy Research and Social Science*, vol. 18, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.04.015>.

FERREIRA, A. L.; SILVA, F. B. Universalização do acesso ao serviço público de energia elétrica no Brasil: evolução recente e desafios para a Amazônia Legal. *Revista Brasileira de Energia*, vol. 27, no. 3, 2021. <https://doi.org/10.47168/rbe.v27i3.645>.

FRANKOWSKI, J.; HERRERO, S. T. “What is in it for me?” A people-centered account of household energy transition co-benefits in Poland. *Energy Research & Social Science*, vol. 71, p. 101787, 2021.

GASTWIRTH, J. L. The estimation of the Lorenz curve and Gini index. *The review of economics and statistics*, , p. 306–316, 1972.

GIMENES, C. M.; BENAGES, G. N. de C. B. Desafios e caminhos à sustentabilidade energética: o paradigma energético atual e os desafios do acesso universal e sustentável. In: RINALDI, Patrícia Nogueira (ed.). *Right to Development: Rise for All – FACAMP Model United Nations Study Guide 2021*. 1st ed. Campinas, São Paulo: Editora Facamp, 2021. p. 21–27.

GUIMARÃES, G. C. F.; OTHERS. Programa Luz para Todos e modo de vida ribeirinho na Amazônia. 2021. .

IBGE. Rendimento de todas as fontes 2020 - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNADC). Rio de Janeiro (rj): [s. n.], 2021. Available at: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101880\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101880_informativo.pdf).

KASHOUR, M. A step towards a just transition in the EU: Conclusions of a regression-based energy inequality decomposition. *Energy Policy*, vol. 183, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113816>.

MATOS, D. Custo da energia compromete crescimento. *Revista Conjuntura Econômica*, vol. 62, no. 10, p. 20–30, 2008.

NGUYEN, T. T.; NGUYEN, T. T.; HOANG, V. N.; WILSON, C.; MANAGI, S. Energy transition, poverty and inequality in Vietnam. *Energy Policy*, vol. 132, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.06.001>.

ONU. Ensuring access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all (session A/75/265). [S. l.: s. n.], 2020.

OSWALD, Y.; OWEN, A.; STEINBERGER, J. K. Large inequality in international and intranational energy footprints between income groups and across consumption categories. *Nature Energy*, vol. 5, no. 3, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41560-020-0579-8>.

RAINERI, R.; DYNER, I.; GOÑI, J.; CASTRO, N.; OLAYA, Y.; FRANCO, C. Latin America Energy Integration: An Outstanding Dilemma. *Evolution of Global Electricity Markets: New Paradigms, New Challenges, New Approaches*. [S. l.: s. n.], 2013. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397891-2.00014-6>.

RINALDI, P. N.; MACHADO, R. S.; PONTES, R. M. Right to development rise for all: study guide FACAMP model United Nations. Campinas, São Paulo: Facamp Editora, 2021.

SCHLESEWSKY, L.; WINTER, S. Inequalities in energy transition: The case of network charges in Germany. *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 8, no. 6, 2018. <https://doi.org/10.32479/ije-ep.6917>.

SETYOWATI, A. B. Mitigating inequality with emissions? Exploring energy justice and financing transitions to low carbon energy in Indonesia. *Energy Research and Social Science*, vol. 71, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101817>.

SINHA, A.; BALSALOBRE-LORENTE, D.; ZAFAR, M. W.; SALEEM, M. M. Analyzing global inequality in access to energy: Developing policy framework by inequality decomposition. *Journal of Environmental Management*, vol. 304, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114299>.

SOUZA, T. M.; FERREIRA, M. E. M. Desafios da energia fotovoltaica e ações de sustentabilidade para o programa habitacional “Minha Casa, Minha Vida.” *BIOFIX Scientific Journal*, vol. 4, no. 1, 2019. <https://doi.org/10.5380/biofix.v4i1.62878>.

TORRES CONTRERAS, G. A. Two decades under windmills: Energy transition and entrenched inequalities in La Venta, Mexico. [S. l.]: UNRISD Occasional Paper-Overcoming Inequalities in a Fractured World~..., 2020.

VOLODZKIENE, L.; STREIMIKIENE, D. Energy Inequality Indicators: A Comprehensive Review for Exploring Ways to Reduce Inequality. *Energies*, vol. 16, no. 16, 2023. <https://doi.org/10.3390/en16166075>.

YAO, X.; YASMEEN, R.; HAQ PADDA, I. U.; HASSAN SHAH, W. U.; KAMAL, M. A. Inequalities by energy sources: An assessment of environmental quality. PLoS ONE, vol. 15, no. 3, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230503>.

ZHAO, G.; ZHOU, P.; WEN, W. What cause regional inequality of technology innovation in renewable energy? Evidence from China. Applied Energy, vol. 310, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.118464>.