

Pobreza energética: Uma análise para os domicílios do Brasil rural e urbano

Paulo André Manhães Barbosa¹  | Isabela Almeida dos Santos²  | Maria Micheliana da Costa Silva³ 

¹ Doutorando em Economia Aplicada (PPGEA/UFV). E-mail: pauloabarbosa@ufv.br

² Doutoranda em Economia Aplicada (PPGEA/UFV). E-mail: isabelaasantos@ufv.br

³ Professora do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada (UFV). E-mail: maria.micheliana@ufv.br

RESUMO

Este estudo propõe a construção de um Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI) para o Brasil, inspirado no método *Alkire-Foster*, com base nos microdados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNADc) de 2023. O índice integra dimensões como: tipo de combustível utilizado, acesso à eletricidade, posse de eletrodomésticos essenciais e disponibilidade contínua do fornecimento de energia. Além de mensurar a incidência da pobreza energética, estimou-se um modelo *logit multinomial* para identificar fatores associados à probabilidade de um domicílio ser classificado em diferentes níveis de privação energética (não pobre, vulnerável, pobre e pobre severo). Os resultados apontam que 27% dos domicílios encontram-se vulneráveis, enquanto 0,83% vivenciam pobreza energética consolidada, com forte concentração nas áreas rurais. As chances de um domicílio rural ser pobre energético são cerca de 15 vezes maiores que as de um urbano. Renda, escolaridade, raça e arranjo familiar mostraram-se relevantes, indicando que a pobreza energética é um fenômeno multidimensional que reflete desigualdades socioeconômicas e territoriais. As evidências reforçam a necessidade de ações coordenadas entre setor público, setor privado e sociedade civil, reconhecendo que o enfrentamento da pobreza energética exige abordagens intersetoriais e sensíveis às particularidades locais.

PALAVRAS-CHAVE

Pobreza Energética, *Logit multinomial*, Brasil

Energy poverty: An analysis for rural and urban households in Brazil

ABSTRACT

This study proposes the construction of a Multidimensional Energy Poverty Index (MEPI) for Brazil, inspired by the *Alkire-Foster* method, based on microdata from the 2023 Continuous National Household Sample Survey (PNADC). The index integrates dimensions such as type of fuel used, access to electricity, ownership of essential appliances, and continuous availability of energy supply. In addition to measuring the incidence of energy poverty, a multinomial logit model was estimated to identify factors associated with the probability of a household being classified as having different levels of energy deprivation (non-poor, vulnerable, poor, and severely poor). The results indicate that 27% of households are vulnerable, while 0.83% experience consolidated energy poverty, with a strong concentration in rural areas. The chances of a rural household experiencing energy poverty are approximately 15 times greater than those of an urban household. Income, education, race, and family structure were found to be relevant, indicating that energy poverty is a multidimensional phenomenon that reflects socioeconomic and territorial inequalities. The evidence reinforces the need for coordinated actions between the public and private sectors, and civil society, recognizing that tackling energy poverty requires intersectoral approaches that are sensitive to local specificities.

KEYWORDS

Energy Poverty, Multinomial logit, Brazil

CLASSIFICAÇÃO JEL

Q41, I32, R20

1. Introdução

A pobreza, entendida como a privação de recursos necessários para a garantia de uma vida digna, constitui um fenômeno multidimensional que abrange não apenas a insuficiência de renda, mas também o acesso limitado a serviços essenciais, como saúde, educação, saneamento e habitação adequada. Nesse contexto, o debate sobre a pobreza tem se expandido para incorporar novas dimensões que exercem influência direta sobre o bem-estar e a inclusão social dos indivíduos, entre essas dimensões emergentes, destaca-se a pobreza energética (Pachauri e Spreng, 2004).

Na literatura especializada, não há consenso quanto ao conceito e a uma métrica para mensurar a pobreza energética, o que decorre, em grande parte, da diversidade de contextos socioeconômicos, climáticos e culturais que moldam as formas de acesso, uso e necessidade de energia entre os países e as regiões. No entanto, de forma geral, entende-se pobreza energética como a condição em que os indivíduos ou as famílias não conseguem acessar ou utilizar, de maneira segura, contínua e a custos acessíveis, fontes modernas de energia necessárias para suprir suas necessidades básicas, como iluminação, preparo de alimentos, aquecimento, refrigeração e comunicação (Reddy et al., 2000).

Nesse contexto, estudos como os de Middlemiss e Gillard (2015) e Okushima (2017) destacam que tanto a natureza quanto a gravidade da pobreza energética variam significativamente a depender do cenário econômico. Em países desenvolvidos, onde a infraestrutura de fornecimento energético é consolidada, a pobreza energética está geralmente associada à chamada pobreza de combustível, ou seja, à dificuldade de arcar com os custos energéticos necessários para manter níveis adequados de conforto térmico, especialmente em regiões de clima frio, tratando-se de um problema centrado na acessibilidade econômica da energia (Li et al., 2014; Castaño-Rosa et al., 2019). Já em países em desenvolvimento, como o Brasil, a pobreza energética assume formas mais amplas e complexas, envolvendo não apenas a questão da acessibilidade econômica, mas também a indisponibilidade física de serviços energéticos adequados, a má qualidade do fornecimento e a persistência do uso de fontes tradicionais e poluentes, como lenha e carvão vegetal (Hiemstra-Van der Horst e Hovorka, 2008; Barnes et al., 2011; González-Eguino, 2015).

Assim, a literatura tem avançado no desenvolvimento de diferentes abordagens e indicadores para mensurar a pobreza energética, os quais variam entre medidas unidimensionais, baseadas, por exemplo, na parcela da renda familiar destinada ao consumo de energia (Moore, 2012; Schuessler, 2014; Rademaekers et al., 2016), e indicadores compostos, que procuram capturar a complexidade do fenômeno ao integrar múltiplas dimensões, como disponibilidade, acessibilidade, qualidade e segurança do serviço energético (Nussbaumer et al., 2012).

As medidas unidimensionais, embora de fácil aplicação e comparabilidade, apresentam limitações relevantes por se basearem, em geral, em critérios arbitrários de

limiar de gasto (como a regra dos 10%¹), desconsiderando as particularidades regionais, climáticas e estruturais que afetam o consumo e a necessidade energética dos domicílios. Reconhecendo que a pobreza é um fenômeno multidimensional, diversos estudos (Bouzarovski e Petrova, 2015; Meyer et al., 2018; Ozughalu e Ogwumike, 2019) vêm argumentando que nenhum indicador isolado pode capturar de forma adequada a complexidade das privações associadas à energia nos contextos de países em desenvolvimento. A pobreza energética, nesses espaços, manifesta-se não apenas pela ausência de acesso à eletricidade ou ao gás, mas também por limitações relacionadas à qualidade do fornecimento, à segurança no uso da energia, à acessibilidade econômica e à capacidade dos domicílios de atender às suas necessidades energéticas básicas.

Dessa forma, têm ganhado destaque os indicadores multidimensionais, que incorporam aspectos como o tipo de combustível utilizado, a eficiência dos equipamentos domésticos, as características da moradia, a estabilidade do fornecimento e até os impactos à saúde decorrentes da exposição a fontes poluentes (Healy et al., 2003). Nesse contexto, destaca-se o Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI), inspirado no método *Alkire-Foster* (Alkire e Foster, 2007). O MEPI identifica simultaneamente quem está em situação de pobreza energética e em quais dimensões ocorre essa privação. O índice considera que o acesso à energia não deve ser medido apenas pela presença de uma conexão elétrica, mas sim pela capacidade do domicílio de utilizar a energia de forma suficiente, segura e eficiente para atender às suas necessidades básicas, como iluminação, cocção de alimentos, refrigeração, comunicação e aquecimento ou resfriamento do ambiente (Nussbaumer et al., 2013).

Esses índices têm sido particularmente úteis em países em desenvolvimento, onde a pobreza energética assume formas mais severas e interligadas, frequentemente agravadas por deficiências na infraestrutura, baixa renda e vulnerabilidades ambientais. A abordagem multidimensional permite, por exemplo, distinguir domicílios que estão conectados à rede elétrica, mas que não conseguem pagar pelo consumo mínimo necessário, daqueles que utilizam combustíveis sólidos em ambientes fechados, expondo seus moradores a riscos à saúde. Além disso, o uso de múltiplas dimensões facilita a identificação de padrões territoriais e socioeconômicos de privação, o que é fundamental para o desenho de políticas públicas mais eficazes e direcionadas (Mahmood e Shah, 2017).

Diante do exposto, este trabalho propõe a construção de um índice multidimensional de pobreza energética para o Brasil, baseado na metodologia desenvolvida por Alkire e Foster (2007) e aplicado por Nussbaumer et al. (2012), utilizando os microdados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNADc) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referente ao ano de 2023. Essa

¹De acordo com essa abordagem, um domicílio é considerado em situação de pobreza energética quando mais de 10% de sua renda mensal é comprometida com despesas relacionadas ao consumo de energia, como eletricidade, gás ou outras fontes utilizadas para iluminação, cocção e aquecimento (Thomson et al., 2017)

metodologia, consolidada internacionalmente para a mensuração da pobreza multidimensional, possibilita a integração simultânea de diferentes dimensões de privação energética, o que representa um avanço em relação a indicadores tradicionais unidimensionais que consideram exclusivamente o acesso à eletricidade ou o gasto com energia.

Contudo, é importante ressaltar que sua operacionalização enfrenta desafios, como a ausência de variáveis que mensurem diretamente a qualidade e a confiabilidade do fornecimento energético, bem como os impactos à saúde decorrentes do uso de combustíveis tradicionais. Além disso, a atribuição de pesos às diferentes dimensões do índice representa outra limitação metodológica, dado que a relevância relativa de cada dimensão pode variar substancialmente conforme o contexto local e as prioridades socioambientais, exigindo a adoção de critérios normativos ou métodos estatísticos para ponderação, que podem impactar significativamente os resultados finais (Decancq e Lugo, 2013).

Ademais, compreender a pobreza energética exige mais do que apenas quantificá-la, é fundamental analisar os fatores que tornam determinados grupos populacionais mais suscetíveis a essa forma de privação. Assim, este estudo tem como objetivo analisar como características observáveis da pessoa de referência, aliadas a variáveis socioeconômicas, demográficas e locais, influenciam a probabilidade de um domicílio ser considerado pobre em termos energéticos. Dado o elevado grau de heterogeneidade do território brasileiro, a análise foi realizada separadamente para áreas urbanas e rurais, reconhecendo que os padrões de acesso, as formas de consumo e as condições de infraestrutura energética diferem substancialmente entre esses espaços. Essa abordagem permitiu captar especificidades territoriais relevantes, contribuindo para um diagnóstico mais preciso e para a formulação de políticas públicas mais eficazes e regionalmente ajustadas.

Ao propor um índice multidimensional de pobreza energética adaptado à realidade brasileira e ancorado em dados representativos, este estudo contribui para a literatura nacional sobre o tema, ainda escassa frente à complexidade e à urgência da questão. Do ponto de vista econômico, o trabalho permite aprofundar a compreensão das desigualdades no acesso e uso da energia, revelando como privações energéticas estão articuladas a condições estruturais de vulnerabilidade social. Além disso, ao distinguir padrões urbanos e rurais, a análise oferece evidências empíricas valiosas para a formulação de políticas públicas mais eficazes e sensíveis às especificidades territoriais. Por fim, ao integrar a dimensão da pobreza energética ao debate nacional sobre justiça social e sustentabilidade, o estudo também contribui para as discussões contemporâneas sobre uma transição energética justa, apontando caminhos para que o avanço rumo a uma matriz energética limpa e moderna não aprofunde desigualdades históricas.

2. Estratégia Empírica

2.1 Construção do Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI)

A construção do MEPI envolve a seleção de dimensões, indicadores e pesos para identificar se uma família é pobre em termos energéticos ou não. No presente estudo, as dimensões selecionadas incluem o tipo de combustível utilizado para o preparo de alimentos, o acesso à eletricidade, a posse de eletrodomésticos essenciais (como geladeira, microcomputador, televisão e máquina de lavar roupas) e a disponibilidade contínua do fornecimento de energia elétrica no domicílio.

A seleção dos indicadores seguiu critérios tanto conceituais quanto empíricos, considerando as evidências da literatura especializada (Day et al., 2016; Sokołowski et al., 2020) e a disponibilidade de informações na base de dados. O uso de combustível para cozinhar é amplamente reconhecido como uma das dimensões centrais na mensuração da pobreza energética, dada a sua relação direta com a realização de capacidades humanas básicas, como a preparação de alimentos e a manutenção da saúde e do bem-estar (Abbas et al., 2020; Villalobos et al., 2021). O tipo de energia utilizada nesse serviço reflete não apenas o nível de acesso a fontes modernas e limpas, mas também os riscos associados à exposição a poluentes resultantes da queima de combustíveis sólidos, como lenha e carvão vegetal.

O acesso à eletricidade, por sua vez, representa uma condição mínima para a integração dos domicílios aos sistemas modernos de energia, sendo essencial para o funcionamento de serviços e equipamentos que contribuem diretamente para a melhoria das condições de vida. A presença de conexão elétrica permite, por exemplo, a iluminação de ambientes, o uso de eletrodomésticos, o acesso à informação e à comunicação, além de possibilitar a conservação adequada de alimentos e a realização de atividades produtivas. Além do acesso, são considerados indicadores relacionados à posse de eletrodomésticos, que capturam aspectos do uso final da energia frequentemente omitidos em métricas tradicionais. A posse desses equipamentos reflete tanto a capacidade de consumo energético quanto a acessibilidade econômica e funcional dos domicílios. Assim, a inclusão desses indicadores amplia a compreensão das limitações enfrentadas pelas famílias, identificando privação energética não apenas no acesso à rede, mas também no uso efetivo da energia para suprir necessidades básicas (Sher et al., 2014).

Além disso, a disponibilidade contínua do fornecimento de energia elétrica é incorporada como um indicador para avaliar a qualidade do acesso energético. A conexão à rede elétrica, por si só, não assegura o uso efetivo da energia quando o fornecimento é irregular ou sujeito a interrupções frequentes. Essa instabilidade compromete o funcionamento adequado dos equipamentos domésticos, prejudica a conservação de alimentos e limita atividades essenciais do cotidiano, impactando diretamente o bem-estar das famílias (Bhatia e Angelou, 2015).

Cada indicador foi operacionalizado como uma variável binária, na qual o valor 1 representa a privação energética e o valor 0 representa a ausência dessa. Em seguida, cada indicador recebeu um peso específico, atribuído conforme sua relevância relativa para a pobreza energética, embasado na literatura e nas principais finalidades da energia nos domicílios brasileiros conforme dados do Atlas da Eficiência Energética (EPE, 2024). Assim, o tipo de combustível utilizado para cozinhar recebeu o maior peso, de 35%, em razão da sua relação direta com a saúde e o bem-estar, considerando os riscos associados à exposição a poluentes provenientes do uso de combustíveis sólidos, bem como o fato de ser responsável por 48% do total da energia utilizada nos domicílios em 2023 (EPE, 2024).

Ao acesso à eletricidade foi atribuído um peso de 20%, por ser fundamental para a integração dos domicílios aos sistemas modernos de energia e para o funcionamento de diversos serviços essenciais, como iluminação, comunicação e conservação de alimentos. A disponibilidade contínua do fornecimento de energia elétrica recebeu um peso de 10%, destacando a importância da confiabilidade do serviço para o uso efetivo da energia no dia a dia, já que interrupções frequentes comprometem o bem-estar e limitam atividades básicas. Quanto à posse de eletrodomésticos, a geladeira recebeu um peso de 15%, em virtude de sua importância na conservação adequada dos alimentos, considerando que cerca de 12% do consumo energético dos domicílios é destinado a esse equipamento (EPE, 2024). Já a posse de microcomputador e televisão e a posse de máquina de lavar roupas receberam pesos iguais, de 10% cada. O Quadro 1 detalha as dimensões do uso de energia, os respectivos indicadores de privação e seus pesos.

Quadro 1. Dimensões, indicadores de privação e pesos

Dimensão	Indicador de privação	Descrição	Peso
Disponibilidade	Acesso à eletricidade	Domicílio não utiliza/tem energia elétrica.	0,20
Qualidade do Fornecimento	Disponibilidade contínua de energia elétrica	Domicílio sem disponibilidade diária em tempo integral do serviço de eletricidade.	0,10
Uso Limpo e Seguro da Energia	Tipo de combustível utilizado para preparo de alimentos	Domicílio utiliza combustíveis tradicionais para cozinhar.	0,35
Usos finais da eletricidade	Conservação de alimentos	Domicílio sem geladeira.	0,15
	Acesso à informação/lazer	Domicílio sem microcomputador e televisão.	0,10
	Serviços Gerais	Domicílio sem máquina de lavar roupas.	0,10

Fonte: Elaboração própria.

A partir da definição das dimensões, dos indicadores e da atribuição dos respectivos pesos, procedeu-se à construção do Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI), com base na metodologia proposta por Alkire e Foster (2007). O primeiro passo consiste na organização dos dados em uma matriz de realizações, na qual cada linha representa um domicílio e cada coluna corresponde a um dos indicadores selecionados. Essa matriz é, então, convertida em uma matriz de privações binárias, cujos elementos assumem o valor 1 quando o domicílio está privado em determinado indicador e 0 caso contrário.

Em seguida, calcula-se para cada domicílio um índice de privação ponderado, a partir da soma dos pesos das dimensões em que há privação. A pontuação resultante, que varia de 0 a 1, reflete a intensidade da exclusão energética daquele domicílio. Formalmente:

$$C_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot g_{ij} \quad (1)$$

Em que C_i é a pontuação de privação do domicílio i ; g_{ij} representa a privação do domicílio i no indicador j ; w_j é o peso atribuído ao indicador j ; e n é o número total de indicadores.

A etapa seguinte consistiu na identificação dos domicílios em situação de pobreza energética, a partir da pontuação de privações ponderadas, C_i , obtida para cada domicílio. Para isso, adotou-se um limiar de corte (k), que define o ponto a partir do qual um domicílio é considerado pobre em termos energéticos. Para o contexto brasileiro, adotou-se, neste estudo, o corte de $k=0,35$, ou seja, um domicílio é classificado como pobre energético caso sua pontuação de privações ponderadas C_i seja igual ou superior a 0,35. Essa pontuação pode decorrer de diferentes combinações de privações nas dimensões analisadas (Nagothu, 2016; Mahmood e Shah, 2017).

A escolha do ponto de corte multidimensional k segue as recomendações metodológicas de Alkire e Foster (2011) e de Nussbaumer et al. (2012), segundo os quais o limiar deve refletir uma privação mínima relevante para que um domicílio seja classificado como pobre em um determinado contexto socioeconômico. O valor de $k=0,35$ permite capturar casos em que há privações relevantes em pelo menos uma dimensão central ou em uma combinação de dimensões que, juntas, indicam um padrão de exclusão energética. Trata-se, portanto, de um critério que assegura a identificação de domicílios cuja qualidade de vida é comprometida pela ausência ou pelo uso limitado de serviços energéticos essenciais, mantendo coerência com a finalidade do índice e com a literatura especializada.

Visando ampliar a análise e captar diferentes intensidades de exclusão energética, adotou-se também uma tipologia de quatro categorias, construída a partir da intensidade das privações energéticas vivenciadas pelos domicílios. Essa abordagem permite identificar não apenas os domicílios formalmente pobres, mas também aqueles em situação de vulnerabilidade e em níveis ainda mais severos de exclusão. A primeira categoria é composta pelos domicílios classificados como não pobres energéticos, definidos como aqueles cuja pontuação de privações é inferior a 0,20. Esses domicílios apresentam condições gerais adequadas de acesso e uso da energia, com baixa incidência de privações nas dimensões avaliadas.

A segunda categoria abrange os vulneráveis à pobreza energética, ou seja, domicílios cuja pontuação de privações situa-se entre 0,20 e 0,35. Essa faixa representa uma condição intermediária, marcada por privações moderadas em uma ou mais dimensões. Embora esses domicílios ainda não sejam formalmente identificados como pobres energéticos, encontram-se em uma situação de risco, podendo transitar para a condição de pobreza energética diante de choques externos ou da ausência de políticas compensatórias. A terceira categoria é formada pelos pobres energéticos, definidos como os domicílios cuja pontuação de privações varia entre 0,35 e 0,65. Nesses casos, os domicílios enfrentam privações significativas em múltiplas dimensões energéticas, caracterizando uma situação consolidada de pobreza energética. Esses domicílios carecem de acesso adequado à energia ou enfrentam limitações relevantes no uso efetivo de serviços energéticos essenciais, o que compromete diretamente seu bem-estar e sua qualidade de vida.

Por fim, a quarta categoria contempla os pobres energéticos severos, representando

os domicílios cuja pontuação de privações é igual ou superior a 0,65. Trata-se do grupo mais vulnerável, marcado pela presença simultânea de privações intensas e generalizadas nas diferentes dimensões da pobreza energética. Essa tipologia permite uma leitura mais abrangente da pobreza energética, superando a dicotomia entre pobres e não pobres ao reconhecer os diferentes graus de privação que coexistem no território brasileiro.

Com o objetivo de verificar a robustez e a sensibilidade do MEPI construído neste estudo, foram realizados testes alternativos de ponderação dos indicadores e de variação do limiar de privação multidimensional (k), conforme sugerido por Alkire e Foster (2011), Atkinson et al. (2002) e replicado por Rizal et al. (2024). Foi testada a robustez quanto aos pesos atribuídos aos indicadores do índice. A versão base do MEPI utilizou uma estrutura normativa de ponderação, com pesos definidos a partir da relevância funcional de cada dimensão no contexto energético brasileiro. Para verificar a sensibilidade dos resultados a essa escolha normativa, foram estimadas versões alternativas do MEPI com diferentes esquemas de ponderação. A primeira alternativa consistiu na aplicação de pesos iguais, atribuindo o mesmo valor proporcional a todos os indicadores, desconsiderando qualquer hierarquia entre as dimensões. A segunda abordagem utilizou a distribuição complementar de frequência, na qual os pesos foram atribuídos de forma inversamente proporcional à frequência de privação observada em cada indicador na amostra. Nessa lógica, indicadores com menor incidência de privação receberam maior peso, sob o argumento de que representam privações mais estruturais ou severas.

2.2 Modelo empírico: Fatores associados a pobreza energética dos domicílios no Brasil

Neste trabalho, examinou-se a influência de variáveis associadas às características observáveis da pessoa de referência do domicílio, bem como fatores socioeconômicos, demográficos e locacionais, sobre a condição de pobreza energética no Brasil. Para esse fim, adotou-se uma abordagem empírica baseado na estimativa de um modelo *logit multinomial*, o qual permite avaliar os fatores associados à probabilidade de um domicílio pertencer a cada uma das categorias (não pobre energético, vulnerável, pobre energético e pobre energético severo), definidas a partir do Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI).

A escolha pelo modelo *logit multinomial* justifica-se pela natureza categórica e mutuamente excludente da variável dependente, que assume quatro possíveis situações. Esse tipo de modelagem é particularmente adequado quando o objetivo é compreender como diferentes variáveis explicativas estão associadas à probabilidade relativa de o domicílio encontrar-se em um ou em outro grupo de pobreza energética.

A probabilidade de um domicílio i ser classificado na categoria j de pobreza energética, dado um vetor de características x , pode ser representada por (Hamilton e Seyfrit,

1993; Long e Freese, 2006):

$$P(y_i = j | x) = \frac{\exp(\beta'_{ij}x)}{1 + \sum_{h=0}^j \exp(\beta'_h x)}, \quad j = 0, 1, 2, 3 \quad (2)$$

Em que y_i é uma variável dependente que assume valor igual a zero se o domicílio é não pobre energético (categoria base), valor igual a 1 se vulnerável à pobreza energética, 2, se pobre energético e 3 caso o domicílio se encontre em situação de pobreza energética severa; x corresponde a um vetor de fatores que possam explicar o consumo energético, composto pelas características observáveis da pessoa de referência e características socioeconômicas, demográficas e locais do domicílio; e por último, β corresponde ao vetor de parâmetros a ser estimado.

Considerando que os coeficientes do modelo não apresentam as respostas marginais de forma direta, para facilitar a interpretação dos resultados, foi empregada uma forma alternativa de análise conhecida como *odds-ratio* ou razão de risco relativo (RRR). Define-se essa razão como a probabilidade de dado evento ocorrer em relação a outro. Considerando P_j como a probabilidade de ocorrência do evento, e $1 - P_j$ a probabilidade de não ocorrência, a razão de chances a favor de o evento ocorrer é dada pelo quociente:

$$\frac{P_j}{1 - P_j} \quad (3)$$

A Equação 3 é conhecida como o antilog do *logit* e sua interpretação é idêntica à do *logit* binário. Para o caso de variáveis quantitativas, a interpretação é feita pelo incremento de uma unidade e pela comparação da categoria analisada com a categoria base. Já a interpretação para uma variável qualitativa é dada pela relação de uma categoria com a outra.

A partir do exposto, a razão de chances no modelo *logit multinomial* pode ser definida por:

$$RRR = \frac{\frac{\Pr(Y = j | x + 1)}{\Pr(Y = k | x + 1)}}{\frac{\Pr(Y = j | x)}{\Pr(Y = k | x)}} \quad (4)$$

Para facilitar a interpretação, a RRR pode ser dada como um incremento percentual ($RRR - 1$). O resultado obtido mostra a probabilidade de mudança da categoria base para a categoria de análise, dadas as alterações nas características observáveis e não observáveis dos indivíduos e dos domicílios.

2.3 Fonte dos dados e definições das variáveis

Para a realização da abordagem proposta, foram utilizados microdados da PNADc do ano de 2023. A PNADc é uma pesquisa por amostragem probabilística de domicílios, realizada em todo o território nacional, que tem como alvo os domicílios e todas

as pessoas que vivem neles. As variáveis selecionadas para o modelo foram escolhidas com base em fundamentação teórica e empírica da literatura especializada sobre pobreza energética (Crentsil et al., 2019; Abbas et al., 2020; Rizal et al., 2024). Todas as variáveis utilizadas são apresentadas no Quadro 2.

Essas variáveis abrangem dimensões socioeconômicas, demográficas e regionais que influenciam o acesso, a disponibilidade e a qualidade do consumo energético nos domicílios. Dessa forma, o modelo permite identificar perfis mais vulneráveis e compreender como essas características estão associadas à exclusão energética.

Quadro 2. Descrição das variáveis utilizadas

Variáveis	Descrição
Variável dependente	
Categorias de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI)	= 0, se não pobre energético ($C_i < 0,20$); = 1, se vulnerável em termos energéticos ($0,20 \leq C_i < 0,35$); = 2, se pobre energético ($0,35 \leq C_i < 0,65$); = 3, se pobre energético severo ($C_i \geq 0,65$).
Características da pessoa de referência	
Sexo	= 1, se do sexo masculino; = 0, caso contrário
Idade	Número da idade da pessoa de referência
Raça	= 1, se branco; = 0, caso contrário
Anos de estudo	Número de anos de estudo da pessoa de referência
Características do domicílio	
Pobre ²	= 1, se renda <i>per capita</i> superior a 1/4 e \leq 1/2 salário mínimo; = 0, caso contrário
Extremamente pobre	= 1, se renda <i>per capita</i> inferior a 1/4 do salário mínimo; = 0, caso contrário
Bolsa Família	= 1, se participa do programa; = 0, caso contrário
Monoparental	= 1, se não possui cônjuge; = 0, caso contrário
Monoparental feminino	= 1, se mulher sem cônjuge; = 0, caso contrário
Filhos menores de 14 anos	= 1, se há crianças menores de 14 anos; = 0, caso contrário
Idosos	= 1, se há idosos; = 0, caso contrário
Tamanho do domicílio	Número de moradores
Variáveis de localização	
Rural	= 1, se reside na zona rural; = 0, caso contrário
Norte	= 1, se reside na região; = 0, caso contrário
Nordeste	
Sul	
Sudeste	
Centro-Oeste	

Fonte: Elaboração com base na PNADc 2023.

Nota: ² No presente estudo, a classificação dos domicílios em situação de pobreza e extrema pobreza monetária foi baseada em critérios amplamente utilizados por instituições públicas brasileiras como o Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social (2025). Assim, foram considerados em extrema pobreza os domicílios cuja renda domiciliar *per capita* era inferior a 1/4 do salário mínimo vigente em 2023 (equivalente a R\$ 330,00), e em pobreza aqueles com renda inferior a 1/2 do salário mínimo (R\$ 660,00).

Dada a natureza de amostragem complexa da PNAD Contínua, os dados não podem ser tratados como oriundos de uma amostra aleatória simples. Por isso, foi construído um design amostral que incorpora pesos, estratos e conglomerados definidos pela metodologia da pesquisa. A estimativa do modelo foi realizada com base nesse plano

amostral, utilizando o método de máxima pseudo-verossimilhança ajustada, o que garante a correção dos erros-padrão e torna os resultados estatisticamente válidos.

3. Resultados

3.1 Análise dos resultados do Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI) no Brasil

Nesta seção, são apresentados os resultados do Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI) construído a partir dos microdados da PNAD Contínua de 2023. A aplicação da metodologia permitiu classificar os domicílios brasileiros em quatro categorias: não pobres energéticos, vulneráveis à pobreza energética, pobres energéticos e pobres energéticos severos, conforme o grau de privações acumuladas nas dimensões analisadas. A distribuição percentual dos domicílios, segundo a classificação do MEPI, por zona censitária no Brasil, pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1. Distribuição percentual dos domicílios segundo a classificação do MEPI, por zona censitária no Brasil, 2023

Classificação segundo o MEPI	Brasil (%)	Urbana (%)	Rural (%)
Não pobres energéticos	72,38	76,92	39,67
Vulneráveis à pobreza energética	26,79	22,82	55,38
Pobres energéticos	0,65	0,20	3,90
Pobres energéticos severos	0,18	0,06	1,05
Total	100	100	100

Fonte: Elaboração própria com base em dados da PNADc de 2023 .

A aplicação do MEPI aos microdados da PNAD Contínua de 2023 revela importantes contrastes territoriais na distribuição da pobreza energética no Brasil. A maioria dos domicílios da amostra é classificada como não pobre energético (72,38%), o que indica condições razoáveis de acesso e uso de serviços energéticos essenciais. No entanto, cerca de um quarto dos domicílios (26,79%) encontra-se em situação de vulnerabilidade energética, com privações moderadas em uma ou mais dimensões do índice, revelando uma parcela significativa da população em risco de transição para condições de pobres energéticos (0,65%) e pobres energéticos severos (0,18%).

Os resultados revelam ainda uma significativa heterogeneidade entre as zonas censitárias. Nas áreas urbanas, a prevalência de domicílios não pobres é de 76,92%, ao passo que a proporção de pobres energéticos (0,20%) e pobres energéticos severos (0,06%) é bastante reduzida, o que pode ser atribuído à maior infraestrutura de serviços e ao maior acesso a equipamentos modernos. Em contrapartida, nas áreas rurais, apenas 39,67% dos domicílios não são considerados pobres energéticos, enquanto mais da metade (55,38%) encontra-se em situação de vulnerabilidade. Além disso, as proporções de pobres energéticos (3,90%) e pobres energéticos severos (1,05%) são

mais altas no meio rural do que no urbano.

Esses resultados reforçam a ideia de que a pobreza energética no Brasil tem uma dimensão territorial marcante, sendo mais intensa e abrangente nas áreas rurais, onde persistem deficiências estruturais no fornecimento de energia, uso de combustíveis tradicionais e menor acesso a eletrodomésticos essenciais. Estudos como de Quishpe et al. (2019) sugerem que, em contextos de países em desenvolvimento, a pobreza energética tende a se manifestar de forma mais ampla e severa em regiões com menor densidade urbana, onde o acesso a fontes modernas e confiáveis de energia pode ser limitado.

Ao integrar múltiplas dimensões do acesso, do uso e da qualidade da energia nos domicílios, o índice MEPI supera as limitações de medidas unidimensionais e oferece uma compreensão mais precisa e contextualizada da pobreza energética. Além disso, a classificação em quatro categorias proporciona uma leitura mais abrangente do fenômeno, captando tanto os casos mais extremos quanto as situações de vulnerabilidade, que representam um estágio anterior à exclusão consolidada, reconhecendo que a pobreza energética não é um estado binário, mas sim um espectro de exclusões graduais.

Por fim, os resultados da análise de sensibilidade demonstraram que as tendências gerais do índice se mantiveram estáveis, independentemente da estrutura de pesos adotada. Esses resultados detalhados estão disponíveis no Apêndice A, onde é possível verificar a robustez do índice diante das variações nos parâmetros de ponderação. Como o índice se mostrou resistente a variações nos pesos atribuídos aos seus componentes, sua construção demonstra robustez frente a escolhas normativas na etapa de ponderação, o que reforça sua confiabilidade como instrumento diagnóstico.

3.2 Perfil socioeconômico, demográfico e locacional dos domicílios segundo os níveis de pobreza energética

A pobreza energética pode assumir formas distintas entre os diferentes grupos populacionais, em função de uma série de fatores socioeconômicos, demográficos e locais. Estudos como o de Crensil et al. (2019), revelam que arranjos familiares específicos sob condições habitacionais precárias e contextos territoriais marcados por desigualdades estruturais tendem a se associar com maior frequência à presença de privações energéticas, sugerindo padrões relevantes que merecem ser analisados. Assim, com o intuito de explorar possíveis correlações a Tabela 2 apresenta a distribuição percentual dos domicílios brasileiros entre os diferentes níveis do Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI), segundo características como localização geográfica, composição do núcleo familiar e atributos socioeconômicos da pessoa de referência.

Quando se considera a região censitária, destaca-se uma expressiva heterogeneidade na distribuição dos níveis de pobreza energética. Os dados evidenciam que áreas

rurais concentram, proporcionalmente, maiores contingentes de domicílios em situação de pobreza energética e pobreza energética severa, enquanto as áreas urbanas apresentam predominância de domicílios classificados como não pobres energéticos. Quanto às grandes regiões brasileiras, Norte e Nordeste concentram as maiores proporções de domicílios classificados como vulneráveis, pobres energéticos ou pobres energéticos severos, enquanto as regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste apresentam maiores percentuais de domicílios não pobres energéticos.

Esses resultados podem estar associados às desigualdades estruturais regionais, relacionadas à disponibilidade e à qualidade da infraestrutura energética, à renda domiciliar e às condições habitacionais que influenciam diretamente na incidência de privações energéticas. Tais achados estão em consonância à literatura que enfatiza o papel das desigualdades territoriais na determinação da pobreza energética, especialmente em contextos de países em desenvolvimento (Crentsil et al., 2019; Ozughalu e Ogwumike, 2019).

No que se refere às características da pessoa de referência do domicílio, observam-se diferenças significativas entre os níveis de pobreza energética. Quanto ao sexo, nota-se que os domicílios chefiados por mulheres compõem uma parcela expressiva dos domicílios classificados como não pobres energéticos (37,34% do total). No entanto, esses domicílios também estão fortemente representados no grupo dos vulneráveis à pobreza energética. Independentemente do nível de pobreza energética, observa-se que domicílios chefiados por pessoas pretas ou pardas constituem a maioria entre os grupos analisados, refletindo sua ampla presença na composição socio-demográfica do país. Essa predominância se torna ainda mais expressiva nos grupos com maiores privações energéticas. Esse padrão aponta para uma dimensão racial da exclusão energética, possivelmente associada à desigualdade estrutural no acesso à renda, à moradia e à infraestrutura.

Quanto à escolaridade, há uma relação inversa entre o nível de instrução da pessoa de referência e a incidência de pobreza energética. Domicílios chefiados por pessoas sem instrução ou com ensino fundamental incompleto apresentam os maiores percentuais de pobreza energética e pobreza severa. Em contraste, domicílios com chefes com ensino superior completo praticamente não figuram entre os grupos em situação de privação. Esse resultado está alinhado com a literatura que destaca a escolaridade como fator associado à renda, à qualidade da moradia e ao acesso a equipamentos e a serviços modernos, todos diretamente relacionados ao bem-estar energético (Abbas et al., 2020).

Tabela 2. Perfil socioeconômico, demográfico e locacional dos domicílios segundo os níveis de pobreza energética, 2023

Atributos	Níveis de pobreza energética			
	Não pobres energéticos (%)	Vulneráveis à pobreza energética (%)	Pobres energéticos (%)	Pobres energéticos severos (%)
Região Censitária				
Urbana	67,54	20,04	0,18	0,05
Rural	4,84	6,75	0,48	0,13
Região				
Norte	3,80	2,72	0,10	0,04
Nordeste	11,94	14,17	0,38	0,12
Centro-Oeste	6,54	1,44	0,02	0,002
Sudeste	36,76	6,98	0,086	0,01
Sul	13,40	1,43	0,069	0,006
Sexo do chefe				
Masculino	35,04	12,71	0,39	0,14
Feminino	37,34	14,08	0,26	0,04
Raça do chefe				
Amarela e indígena	1,05	1,60	0,01	0,004
Preta	7,68	4,23	0,11	0,02
Parada	28,32	15,64	0,40	0,13
Branco	35,30	6,56	0,13	0,02
Nível de instrução				
Sem instrução	2,27	3,30	0,15	0,04
Fundamental incompleto	16,08	11,16	0,37	0,09
Fundamental completo	5,31	2,30	0,03	0,01
Médio incompleto	3,69	2,00	0,03	0,01
Médio completo	23,35	6,73	0,05	0,01
Superior incompleto	3,75	0,43	0,002	0
Superior completo	17,92	0,87	0,002	0
Arranjo familiar				
Monoparental	27,32	14,04	0,29	0,13
Biparental	45,06	12,75	0,36	0,06
Presença de filhos menores de 14 anos	22,23	8,37	2,20	0,05
Presença de idosos	24,34	8,48	0,19	0,04
Renda				
Extremamente pobres	3,61	4,88	0,24	0,07
Pobres	7,51	7,03	0,18	0,05
Não pobres	61,26	14,88	0,23	0,06

Fonte: Elaboração própria com base na PNADc 2023.

No que tange ao arranjo familiar, observa-se que domicílios biparentais concentram a maior proporção entre os não pobres energéticos, o que pode estar associado à maior estabilidade econômica e à divisão de responsabilidades dentro do núcleo familiar. Entretanto, a incidência de pobreza energética não se restringe a domicílios monoparentais, apesar de apresentarem menor participação no total de domicílios sem privações, eles exibem proporções comparáveis aos biparentais nas categorias de pobreza energética e pobreza energética severa, com destaque para uma maior presença relativa entre os vulneráveis. Com relação à presença de filhos menores de 14 anos e idosos apenas 32,85% dos domicílios possuem crianças com idade inferior a 14 anos e 33,05% pessoas com idade acima de 60 anos. Estudos como o de Thomson et al. (2017) revelam que a composição familiar, associada às restrições financeiras dos domicílios exercem um papel central na vulnerabilidade à pobreza energética.

Em relação à renda, 8,81% dos domicílios podem ser considerados extremamente

pobres, 14,76% pobres e 76,43% não pobres. Além disso, os dados também revelam que a maior parte dos domicílios classificados como pobres e não pobres estão fora da condição de pobreza energética. Essa predominância sugere que, embora a renda seja um fator relevante, muitos domicílios economicamente desfavorecidos ainda conseguem garantir o acesso mínimo e contínuo aos serviços energéticos considerados essenciais. Por outro lado, observa-se um padrão distinto entre os extremamente pobres, em que a maioria desses domicílios está concentrada na categoria de vulnerabilidade energética (4,88%), indicando maior exposição a privações em pelo menos uma dimensão do índice. Ainda que a participação dos extremamente pobres entre os grupos mais críticos, como os pobres energéticos (0,24%) e os severos (0,07%), seja mais modesta em termos absolutos, essa distribuição sugere que a vulnerabilidade energética é particularmente acentuada entre os domicílios em situação de extrema pobreza.

De modo geral, observa-se que os domicílios brasileiros podem apresentar maiores ou menores chances de serem consideradas pobres em termos energéticos a depender do local onde habitam, ambiente urbano ou rural, do seu nível de renda e do perfil do chefe.

3.3 Fatores associados à pobreza energética no Brasil

Com o objetivo de identificar os fatores associados à probabilidade de um domicílio ser classificado em diferentes níveis de pobreza energética, esta seção apresenta os resultados das estimações do modelo *logit multinomial* especificado na Equação 2. Considerando que o estudo busca investigar os fatores associados a condição de pobreza energética multidimensional, adotou-se como categoria base os domicílios classificados como não pobres energéticos. A Tabela 3 apresenta os coeficientes estimados, bem como as Razões de Risco Relativo (RRR) para a amostra completa.

Cabe destacar que os resultados apresentados refletem associações estatísticas entre os fatores observados e os diferentes níveis de pobreza energética. Ou seja, os coeficientes estimados pelo modelo *logit multinomial* não devem ser interpretados como relações de causa e efeito, mas sim como indicadores de correlação entre determinadas características socioeconômicas, demográficas ou locacionais e a probabilidade de um domicílio pertencer a uma das categorias de privação energética. Essa limitação decorre da natureza transversal dos dados utilizados e da ausência de mecanismos de identificação causal robustos, como instrumentos exógenos ou dados longitudinais.

No que se refere às características do chefe do domicílio, todos os coeficientes estimados se mostraram significativos ao nível de 1%, exceto o sexo, que foi significativo apenas para a categoria de pobres energéticos severos. Essa estimativa indica que o fato do chefe ser do sexo masculino eleva as chances de os domicílios serem pobres energéticos severos. Resultado semelhante ao encontrado por Karimu et al. (2016) e Rahut et al. (2017), que constataram que domicílios chefiados por mulheres têm maior probabilidade de optar por fontes modernas de energia. A idade, por sua vez,

diminui as chances de os domicílios serem vulneráveis ou pobres energéticos, contrariando os achados de Crentsil et al. (2019), que apontam que chefes mais velhos são mais propensos a perpetuar hábitos que favorecem a preferência por fontes de energia tradicionais em Gana. Ademais, em domicílios com chefes da raça branca foi constatada uma redução de 36,67% na chance de ser vulnerável à pobreza energética, de 53,12% de ser pobre energético e 63,65% de se encontrar na condição de pobreza energética severa, quando comparado a categoria base.

Em relação ao nível de educação do chefe, os resultados mostram que a probabilidade de um domicílio ser pobre energético multidimensional diminui à medida que a escolaridade do chefe aumenta. De acordo com Karimu (2015), a educação melhora o conhecimento e a capacidade de fazer escolhas capazes de elevar o bem-estar dos domicílios. Além disso, esses efeitos podem refletir as diferenças em potenciais de rendimento decorrentes das diferenças na educação.

A renda do domicílio mostrou-se positiva e diretamente relacionada à probabilidade de os domicílios serem considerados vulneráveis ou pobres em termos energéticos. Resultado que pode estar associado ao fato de a renda ser um indicador da capacidade do domicílio em arcar com fontes e serviços de energia de melhor qualidade. Ouedraogo (2006) e Baiyegunhi e Hassan (2014) mostram que a transição das famílias de fontes tradicionais de energia para modernas aumenta com a renda.

Os resultados revelam ainda que um domicílio extremamente pobre tem 7,83 vezes mais chances de ser pobre energético severo e 6,76 vezes de ser pobre energético em comparação a um domicílio não pobre energético. Já para o caso dos domicílios considerados pobres, as chances de serem pobres energéticos severos ou pobres energéticos diminuem para 3,41 e 3,24 vezes, respectivamente. Esses achados reforçam o argumento de que a pobreza monetária pode estar diretamente associada à privação energética, conforme evidenciado por Mensah e Adu (2015).

Em relação ao recebimento do benefício proveniente do Programa Bolsa Família (PBF), principal programa de transferência de renda direta e condicionada do governo federal brasileiro, domicílios que recebem o benefício possuem maior probabilidade de serem vulneráveis ou pobres energéticos. O Programa Bolsa Família tem por objetivo promover a inclusão social, construindo meios e condições para que famílias pobres e extremamente pobres possam sair da situação de vulnerabilidade em que se encontram. Assim, embora trabalhos como de De Souza et al. (2019) revelem que o programa tem contribuído para redução da pobreza em termos monetários, as estimativas revelam que as famílias beneficiárias do PBF ainda são mais vulneráveis a pobreza em termos energéticos.

No que se refere às características dos domicílios, observa-se que núcleos familiares monoparentais são mais propensos a serem vulneráveis ou pobres energéticos. Tais resultados divergem dos encontrados por Crentsil et al. (2019), que observaram que domicílios chefiados por pessoas casadas têm maior probabilidade de serem po-

bres multidimensionais em energia. Essa divergência pode ser explicada pelas especificidades do contexto socioeconômico brasileiro, onde domicílios monoparentais estão historicamente entre os grupos mais suscetíveis à pobreza monetária e à precarização do acesso a serviços essenciais (De Carvalho et al., 2024). Contudo, ao desagregar por sexo da pessoa de referência, os resultados revelam um dado contraintuitivo, onde entre os domicílios monoparentais chefiados por mulheres, a relação com a pobreza energética foi negativa, ou seja, esses domicílios demonstraram menor probabilidade de estar em situação de pobreza energética, em comparação com outras configurações familiares. Esse achado sugere que, embora as famílias monoparentais sejam frequentemente associadas à vulnerabilidade, há heterogeneidade importante dentro desse grupo, e fatores como o perfil educacional, a inserção no mercado de trabalho ou acesso a políticas públicas podem mediar positivamente os resultados entre mulheres chefes de família. Essa diferença também pode estar associada ao fato de que mulheres tendem a alocar recursos de forma mais eficaz para o bem-estar doméstico, como aponta parte da literatura sobre economia do cuidado e gestão familiar (Zingwe et al., 2023).

Tabela 3. Resultados das estimativas do modelo *logit multinomial* e RRR para o Brasil, 2023

Variáveis	Vulneráveis à pobreza energética		Pobres energéticos		Pobres energéticos severos	
	Coefficientes	RRR	Coefficientes	RRR	Coefficientes	RRR
Características do Chefe de Domicílio						
Sexo Masculino	-0,0154 (0,0297)	0,9847 (0,0293)	0,0716 (0,1076)	1,0742 (0,1156)	0,6964*** (0,2654)	2,0065*** (0,5326)
Idade	-0,0171*** (0,0011)	0,9831*** (0,0010)	-0,0256*** (0,0043)	0,9747*** (0,0042)	-0,0366*** (0,0072)	0,9640*** (0,0069)
Raça	-0,4569*** (0,0237)	0,6333*** (0,0150)	-0,7575*** (0,0868)	0,4688*** (0,0407)	-1,0120*** (0,1882)	0,3635*** (0,0684)
Anos de Estudo	-0,1600*** (0,0028)	0,8521*** (0,0024)	-0,2608*** (0,0092)	0,7704*** (0,0071)	-0,2572*** (0,0233)	0,7732*** (0,0180)
Características do Domicílio						
Pobre	0,7458*** (0,0292)	2,1080*** (0,0616)	1,1753*** (0,1019)	3,2391*** (0,3302)	1,2256*** (0,1912)	3,4061*** (0,6513)
Extremamente Pobre	0,9223*** (0,0372)	2,5150*** (0,0936)	1,9109*** (0,1030)	6,7590*** (0,6958)	2,0573*** (0,1929)	7,8251*** (1,5096)
Bolsa Família	0,7183*** (0,0312)	2,0510*** (0,0640)	0,9872*** (0,1066)	2,6837*** (0,2861)	1,0521*** (0,1735)	2,8637*** (0,4969)
Monoparental	0,9013*** (0,0355)	2,4629*** (0,0874)	1,3585*** (0,1130)	3,8902*** (0,4397)	2,4427*** (0,2109)	11,5035*** (2,4258)
Monoparental feminino	-0,6841*** (0,0441)	0,5045*** (0,0222)	-1,4186*** (0,1545)	0,2420*** (0,0374)	-1,8146*** (0,3202)	0,1629*** (0,0522)
Filhos menores de 14 anos	0,1331*** (0,0302)	1,1424*** (0,0345)	0,0558 (0,0979)	1,0574 (0,1035)	0,3284* (0,1820)	1,3887* (0,2528)
Presença de Idosos	0,0759*** (0,0292)	1,0789*** (0,0315)	0,1360 (0,1220)	1,1457 (0,1398)	0,0979 (0,2299)	1,1029 (0,2536)
Tamanho da família	-0,2430*** (0,0101)	0,7843*** (0,0079)	-0,2348*** (0,0306)	0,7907*** (0,0242)	-0,3753*** (0,0663)	0,6871*** (0,0456)
Localização Domiciliar						
Rural	0,9337*** (0,0339)	2,5439*** (0,0863)	2,7132*** (0,1075)	15,0769*** (1,6202)	2,5176*** (0,1806)	12,3992*** (2,2391)
Sul	-0,6119*** (0,0440)	0,5423*** (0,0239)	0,5219*** (0,1766)	1,6852*** (0,2976)	0,2028 (0,4566)	1,2248 (0,5592)
Centro-Oeste	0,0342 (0,0473)	1,0348 (0,0489)	0,0636 (0,2469)	1,0657 (0,2632)	-0,1375 (0,5224)	0,8715 (0,4553)
Norte	1,0107*** (0,0542)	2,7476*** (0,1488)	1,3585*** (0,1830)	3,8904*** (0,7121)	2,7764*** (0,2978)	16,0608*** (4,7830)
Nordeste	1,3876*** (0,0328)	4,0053*** (0,1314)	1,4322*** (0,1436)	4,1878*** (0,6014)	2,5496*** (0,2822)	12,8025*** (3,6131)
Constante	0,8937*** (0,0818)	2,4442*** (0,1999)	-3,3664*** (0,2930)	0,0345*** (0,0101)	-5,7055*** (0,6075)	0,0033*** (0,0020)
Observações	13881					

Fonte: Elaboração própria.

Notas: Desvios-padrão robustos à heterocedasticidade entre parênteses. Asteriscos (*), (**) e (***) denotam significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

Considerando as características demográficas do domicílio, a presença de filhos menores de 14 anos eleva as chances de vulnerabilidade e pobreza energética severa. Já a presença de idosos aumenta apenas a probabilidade de o domicílio ser vulnerável à pobreza energética. Por fim, diferente do esperado, o tamanho da família se mostrou significativo na redução da vulnerabilidade e da pobreza energética. Esse resultado pode refletir o fato de que a pobreza energética, ao ser mensurada por meio de múltiplas dimensões (como acesso, tipo de uso e equipamentos), não se sobrepõe automaticamente à pobreza de renda. Famílias maiores tendem a compartilhar recursos como moradia, eletrodomésticos e contas fixas, o que reduz o custo energético por pessoa. Além disso, domicílios numerosos podem contar com múltiplas fontes de renda, mesmo que modestas, e maior elegibilidade a programas de transferência

de renda, o que contribui para garantir acesso mínimo à infraestrutura energética. Esse achado reforça a importância de considerar abordagens multidimensionais para captar com maior precisão os diferentes tipos de privação enfrentados pelas famílias.

Referente às regiões brasileiras, observa-se que, em comparação com a Sudeste, residir nas regiões Sul, Norte e Nordeste eleva as chances de o domicílio ser considerado pobre energético. O resultado para a região Sul pode ser explicado pela abundância de biomassa disponível na região, associada a fatores climáticos que incentivam o uso de lenha tanto para aquecimento quanto para preparo de alimentos. Já para as regiões Norte e Nordeste, pode estar associado ao fato dessas regiões serem historicamente mais vulneráveis social e economicamente. Segundo dados da PNAD 2023, a região Nordeste possui o menor valor de renda familiar média no País, com estimativa de R\$1155,00 em detrimento do Norte, segunda menor média com R\$1314,00 (IBGE, 2023). Por fim, a região Centro-Oeste, cuja razão de risco relativo foi próxima a 1 e não significativa, sugere que não há diferença marcante em relação ao Sudeste, possivelmente devido à presença consolidada de infraestrutura energética moderna em grande parte da região.

A localidade do domicílio se mostrou um fator determinante para a condição de pobreza energética. Os resultados mostram que o fato de residir no meio rural eleva em cerca de 15 vezes as chances de pobreza energética, o que pode estar associado a fatores culturais e/ou ao fato dos domicílios situados no meio rural serem mais vulneráveis a pobreza monetária. Dado a heterogeneidade observada entre o meio rural e urbano, o modelo apresentado na Equação 2 também foi estimado para outras duas especificações que correspondem a uma subdivisão da amostra de domicílios de acordo com sua localização. Em um primeiro momento foram considerados os domicílios localizados somente no meio urbano e posteriormente no meio rural. Os resultados estimados são apresentados na Tabela 4.

As estimativas revelam que, embora os fatores associados a pobreza energética sigam tendências semelhantes entre o meio rural e urbano, as chances de domicílios da zona rural serem pobres energéticos são relativamente maiores do que domicílios localizados no meio urbano. Esse resultado está em consonância com a literatura (Ozughalu e Ogwumike, 2019) que aponta que a precariedade da infraestrutura energética, a dispersão territorial e as limitações de acesso a serviços públicos tornam os domicílios rurais mais vulneráveis às privações energéticas.

No que se refere às características da pessoa de referência do domicílio, o sexo mostrou-se estatisticamente significativo apenas para a categoria de pobreza energética severa no meio rural. Os resultados indicam que domicílios rurais chefiados por homens apresentam maior probabilidade de se encontrarem nessa condição, em comparação com aqueles chefiados por mulheres. Esse resultado pode sugerir que, mesmo em contextos de maior vulnerabilidade estrutural, domicílios com chefia feminina conseguem mitigar parcialmente os efeitos das privações energéticas severas, possivelmente devido a estratégias de gestão mais cautelosas dos recursos disponí-

veis ou a uma maior priorização do bem-estar doméstico. No entanto, essa associação deve ser interpretada com cautela, uma vez que o modelo não permite inferências causais e considera a oferta de energia como exógena, ou seja, não capta diretamente as restrições de infraestrutura que podem incidir sobre esses territórios.

Considerando raça, idade e escolaridade, ser branco, mais velho e instruído, isso está associado a uma menor probabilidade de os domicílios se encontrarem em condição de vulnerabilidade e pobreza energética, no meio tanto urbano quanto rural. Esses resultados refletem desigualdades estruturais historicamente consolidadas no Brasil, nas quais grupos racialmente discriminados e com menor acesso à educação formal enfrentam maiores obstáculos ao bem-estar material e energético (Hasenbalg, 2005). A maior escolaridade, por exemplo, tende a ampliar o acesso ao mercado de trabalho formal, à renda e à informação, o que pode facilitar o investimento em equipamentos domésticos e em formas mais modernas de uso de energia.

As características do domicílio mostram uma forte associação com a pobreza energética tanto no meio urbano quanto no rural. A condição de pobreza monetária do domicílio está significativamente relacionada a todas as categorias de pobreza energética. No meio urbano, domicílios pobres apresentam uma probabilidade cerca de 2,15 vezes maior de estarem vulneráveis à pobreza energética, aumentando para aproximadamente 3,83 vezes no caso da pobreza energética severa. No meio rural, essa associação também é significativa, com probabilidades um pouco menores, variando entre 1,88 e 2,87 vezes. Quando se trata da extrema pobreza, a relação é ainda mais expressiva, especialmente no meio urbano. Domicílios urbanos extremamente pobres têm uma chance quase 12 vezes maior de se encontrarem em pobreza energética severa. Já no meio rural, embora a extrema pobreza também eleve substancialmente o risco, a probabilidade é menor, em torno de 6 vezes para a categoria severa.

No meio urbano, a expectativa mínima de consumo de energia elétrica é maior, e os custos fixos para manter serviços essenciais, como iluminação, refrigeração e uso de aparelhos eletrônicos, tendem a ser mais elevados. Assim, mesmo pequenas privações no acesso ou no uso da energia impactam significativamente a condição de pobreza energética severa, principalmente para domicílios em situação de extrema pobreza monetária. Por outro lado, no meio rural, apesar de uma maior proporção de domicílios em situação de pobreza monetária, a pobreza energética severa é mais difundida e distribuída entre diferentes níveis de renda. Isso se deve a fatores como o uso mais comum de combustíveis tradicionais para cozinhar e a menor dependência exclusiva da eletricidade para algumas atividades domésticas, o que dilui a concentração da pobreza energética severa entre os extremamente pobres monetários. Além disso, a infraestrutura energética rural, muitas vezes mais precária, pode causar privações generalizadas que afetam amplamente a população, independentemente da faixa de renda monetária. Portanto, as diferenças observadas refletem a complexidade da pobreza energética, que não pode ser explicada apenas pela renda monetária, mas deve ser compreendida também pela interação entre condições socioeconômicas, infraes-

Tabela 4. Resultados das estimativas do modelo *logit multinomial* e RRR para o meio Urbano e Rural, 2023

Variáveis	Urbano						Rural					
	Vulneráveis à pobreza energética			Pobres energéticos			Vulneráveis à pobreza energética			Pobres energéticos		
	Coefficientes	RRR		Coefficientes	RRR		Coefficientes	RRR		Coefficientes	RRR	
Sexo Masculino	-0,0384 (0,0345)	0,9623 (0,0332)	-0,0250 (0,2671)	0,9753 (0,2605)	1,0187 (0,7296)	2,7697 (2,0208)	0,0739 (0,0554)	1,0767 (0,0596)	0,1233 (0,1153)	1,1312 (0,1305)	0,6188** (0,2849)	1,8567** (0,5290)
Idade	-0,0176*** (0,0012)	0,9826*** (0,0012)	-0,0231** (0,0096)	0,9772*** (0,0094)	-0,0234* (0,0125)	0,9769* (0,0122)	-0,0121*** (0,0023)	0,9879*** (0,0022)	-0,0234*** (0,0045)	0,9769*** (0,0044)	-0,0401** (0,0097)	0,9607*** (0,0094)
Raça	-0,4577*** (0,0268)	0,6327*** (0,0169)	-0,7756*** (0,1890)	0,4604*** (0,0870)	-0,9313** (0,3698)	0,3940** (0,1457)	-0,4245*** (0,0454)	0,6541*** (0,0297)	-0,6974*** (0,0949)	0,4979*** (0,0473)	-1,0203*** (0,2111)	0,3605*** (0,0761)
Anos Estudo	-0,1665*** (0,0032)	0,8466*** (0,0027)	-0,2806*** (0,0181)	0,7553*** (0,0137)	-0,2441*** (0,0297)	0,7834*** (0,0233)	-0,1122*** (0,0054)	0,8938*** (0,0048)	-0,2144*** (0,0104)	0,8070*** (0,0084)	-0,2228*** (0,0349)	0,8003*** (0,0280)
Características do Domicílio												
Pobre	0,7643*** (0,0331)	2,1476*** (0,0712)	1,1841*** (0,2371)	3,2676*** (0,7746)	1,3424*** (0,4096)	3,8281*** (1,5681)	0,6304*** (0,0566)	1,8784*** (0,1063)	1,0560*** (0,1086)	2,8749*** (0,3121)	1,0447*** (0,2267)	2,8427*** (0,6444)
Extremamente Pobre	0,9070*** (0,0432)	2,4770*** (0,1069)	1,8095*** (0,2193)	6,1073*** (1,3390)	2,4585*** (0,3780)	11,6873*** (4,4181)	0,9549*** (0,0670)	2,5983*** (0,1740)	1,9162*** (0,1175)	6,7953*** (0,7982)	1,8396*** (0,2209)	6,2938*** (1,3900)
Bolsa Família	0,7425*** (0,0350)	2,1013*** (0,0736)	1,2401*** (0,2461)	3,4561*** (0,8506)	1,1339*** (0,3626)	3,1078*** (1,1269)	0,5492*** (0,0590)	1,7319*** (0,1022)	0,7406*** (0,1091)	2,0973*** (0,2287)	0,8484*** (0,1927)	2,3360*** (0,4501)
Monoparental	0,9259*** (0,0401)	2,5242*** (0,1013)	1,3595*** (0,2987)	3,8943*** (1,1632)	2,1012*** (0,6253)	8,1763*** (5,1123)	0,7464*** (0,0659)	2,1095*** (0,1390)	1,2402*** (0,1149)	3,4564*** (0,3971)	2,4951*** (0,2020)	12,1224*** (2,4490)
Monoparental feminino	-0,7218*** (0,0496)	0,4859*** (0,0241)	-1,6163*** (0,3593)	0,1986*** (0,0714)	-1,2246 (0,8313)	0,2939 (0,2443)	-0,5030*** (0,0838)	0,6047*** (0,0507)	-1,1822*** (0,1667)	0,3066*** (0,0511)	-1,9505*** (0,3440)	0,1422*** (0,0489)
Filhos menores de 14 anos	0,1434*** (0,0343)	1,1542*** (0,0396)	-0,3569 (0,2461)	0,6998 (0,1722)	0,0759* (0,4607)	1,0789 (0,4971)	0,0777 (0,0580)	1,0808 (0,0627)	0,1225 (0,1099)	1,1304 (0,1242)	0,3745** (0,1852)	1,4543*** (0,2693)
Presença de Idosos	0,0453 (0,0329)	1,0464 (0,0344)	0,1319 (0,2989)	1,1409 (0,3411)	-0,0692 (0,4276)	0,9331 (0,3990)	0,2323*** (0,0581)	1,2615*** (0,0734)	0,2377** (0,1187)	1,2683** (0,1505)	0,2916 (0,2914)	1,3385 (0,3901)
Tamanho da família	-0,2587*** (0,0119)	0,7720*** (0,0092)	-0,3212*** (0,0858)	0,7253*** (0,0622)	-0,5693*** (0,1836)	0,5659*** (0,1039)	-0,1665*** (0,0162)	0,8466*** (0,0137)	-0,1474*** (0,0313)	0,8629*** (0,2070)	-0,2449*** (0,0650)	0,7828*** (0,0509)
Localização Domiciliar												
Sul	-0,5292*** (0,0479)	0,5891*** (0,0282)	1,1539*** (0,2897)	3,1705*** (0,9184)	0,6652 (0,7594)	1,9449 (1,4770)	-1,0079*** (0,0995)	0,3650*** (0,0363)	-0,0764 (0,2056)	0,9265 (0,1905)	-0,3374 (0,5540)	0,7136 (0,3954)
Centro-Oeste	0,1059** (0,0505)	1,1117** (0,0562)	-0,4810 (0,4642)	0,6182 (0,2869)	0,5015 (0,7610)	1,6511 (1,2565)	-0,5233*** (0,1074)	0,5926*** (0,0636)	0,0052 (0,2869)	1,0052 (0,2884)	-1,1169 (0,7119)	0,3273 (0,2330)
Norte	1,0192*** (0,0623)	2,7709*** (0,1727)	1,5177*** (0,3672)	4,5616*** (1,6749)	1,9283** (0,9578)	6,8781** (6,5875)	0,9314*** (0,0999)	2,5380*** (0,2537)	1,1752*** (0,2096)	3,2389*** (0,6788)	2,6434*** (0,3317)	14,0611*** (4,6638)
Nordeste	1,3960*** (0,0362)	4,0390*** (0,1462)	1,6110*** (0,2804)	5,0079*** (1,4043)	3,0885*** (0,4945)	21,9452*** (10,8526)	1,3226*** (0,0728)	3,7530*** (0,2734)	1,2584*** (0,1569)	3,5198*** (0,5522)	2,1190*** (0,3240)	8,3230*** (2,6969)
Constante	1,0109*** (0,0911)	2,7481*** (0,2503)	-3,1690*** (0,6412)	0,0420*** (0,0270)	-6,5000*** (1,1494)	0,0015*** (0,0017)	1,1142*** (0,1606)	3,0471*** (0,4893)	-1,1488*** (0,3038)	0,3170*** (0,0963)	-3,1901*** (0,7405)	0,0412*** (0,0305)
Observações	102443						36438					

Fonte: Elaboração Própria.

Notas: Desvios-padrão robustos à heterocedasticidade entre parênteses. Asteriscos (*), (**) e (***) denotam significância a 10%, 5% e 1%, respectivamente.

estrutura, expectativas de consumo e padrões culturais presentes em cada contexto.

A participação no programa Bolsa Família também se mostrou relevante, tendo em vista que domicílios beneficiários apresentam maiores chances de se encontrarem em condição de pobreza energética, tanto no meio urbano quanto no meio rural. Com relação ao tipo de arranjo familiar, em ambas as localidades, domicílios monoparentais são mais propensos à pobreza energética, sobretudo no meio rural. De acordo com as estimativas, domicílios rurais com arranjo monoparental apresentam até 12 vezes mais chances de estarem em situação de pobreza energética severa, em comparação com domicílios não monoparentais. Essa disparidade pode ser atribuída à conjunção de vulnerabilidades, como a sobrecarga de trabalho e a renda concentrada em um único membro da família.

Em geral, as estimativas revelam que domicílios localizados no meio rural são mais vulneráveis à pobreza energética, o que pode estar associado ao fato de tais regiões serem culturalmente mais pobres, menos escolarizadas e possuírem acesso restrito aos bens e serviços disponíveis no mercado. Ademais, o perfil familiar parece desempenhar um papel crucial sobre a condição de pobreza energética, evidenciando a importância de se considerarem as características socioeconômicas, demográficas e locais dos domicílios.

4. Considerações Finais

O presente estudo buscou analisar os fatores associados ao consumo energético dos domicílios brasileiros, bem como sua influência sobre a probabilidade de esses serem considerados pobres em termos energéticos. Assim, este trabalho propôs a construção e a análise de um Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI) adaptado ao contexto brasileiro, com base nos microdados da PNAD Contínua de 2023. A análise empírica revelou que, embora a maioria dos domicílios no Brasil não se encontre formalmente em situação de pobreza energética, uma parcela significativa está em situação de vulnerabilidade, sujeita a transitar para condições mais severas diante de choques externos ou da ausência de políticas públicas eficazes.

Os resultados destacam a importância de compreender a pobreza energética como um fenômeno multidimensional, cujas raízes estão profundamente associadas à desigualdades de renda, escolaridade, raça, estrutura familiar e localização territorial. As variáveis socioeconômicas, como escolaridade do chefe do domicílio, pobreza monetária e recebimento de benefícios sociais, apresentaram efeitos estatisticamente significativos e coerentes com a literatura. A estrutura familiar também desempenha papel relevante. Domicílios monoparentais, especialmente no meio rural, mostraram-se substancialmente mais vulneráveis. No entanto, os resultados indicam que, entre esses arranjos, a chefia feminina atua como um fator de mitigação da pobreza energética, possivelmente por estratégias mais eficientes de alocação de recursos, maior adesão a políticas públicas ou uso mais racional da energia no ambiente doméstico.

Observa-se, ainda, a existência de uma relação entre a pobreza monetária e a pobreza energética dos domicílios brasileiros, já que aqueles com nível de renda menor apresentam probabilidade relativa de se enquadrarem como pobres em termos energéticos superior ao de domicílios com nível de renda mais elevado. O fato de residir no meio rural também se mostrou significativo, corroborando a ideia de que a localização também é importante para explicar a pobreza energética. Ademais, observa-se que os efeitos são relativamente maiores quando se consideram apenas domicílios do meio rural.

Apesar dos avanços analíticos e metodológicos alcançados, este estudo apresenta algumas limitações que merecem ser reconhecidas. Primeiramente, a análise parte do pressuposto de que a oferta de energia é exógena, o que pode subestimar a profundidade das privações em áreas onde a conexão é tecnicamente disponível, mas operacionalmente ineficaz, como em zonas rurais remotas com fornecimento intermitente ou de baixa qualidade. Em segundo lugar, a base de dados utilizada (PNADc) não contempla informações diretas sobre qualidade, custo real, ou frequência de interrupções no fornecimento de energia, o que restringe a captura de dimensões cruciais do bem-estar energético. Além disso, as variáveis de posse de bens utilizadas como proxies para uso energético, como geladeira, TV ou máquina de lavar, não permitem avaliar a eficiência dos equipamentos, sua idade, nem a intensidade de uso, o que pode introduzir vieses na mensuração das privações. A natureza transversal dos dados constitui outra limitação, pois impossibilita a análise da dinâmica temporal da pobreza energética, como sua persistência, sazonalidade ou mobilidade intergeracional. Por fim, as decisões normativas envolvidas na construção do índice, especialmente os pesos atribuídos aos indicadores e o ponto de corte de privação ($k = 0,35$), ainda que baseadas na literatura e respaldadas por testes de sensibilidade, podem influenciar os resultados e limitar a comparabilidade com outros estudos internacionais.

Apesar dessas limitações, o presente estudo oferece contribuições relevantes à literatura brasileira sobre pobreza energética, ao propor uma medida adaptada ao contexto nacional. Embora o modelo utilizado não permita inferências causais ou a prescrição direta de políticas, os achados reforçam a urgência de um debate ampliado sobre o papel de diferentes atores (Estado, mercado e sociedade civil) na superação das privações energéticas. O enfrentamento da pobreza energética requer não apenas políticas públicas eficazes, mas também arranjos institucionais que articulem esforços intersetoriais e territoriais, respeitando as particularidades regionais e promovendo justiça energética no processo de transição.

Como agenda para investigações futuras, destaca-se a importância de incorporar dados longitudinais, que permitam captar a transição dos domicílios entre diferentes estados de privação energética ao longo do tempo. Também, seria desejável ampliar a análise com informações complementares sobre tarifas, inadimplência, eficiência energética dos equipamentos e impactos das mudanças climáticas sobre o consumo energético residencial. A integração do MEPI com bases administrativas do setor

elétrico e de programas sociais poderia ainda possibilitar análises mais completas, voltadas à formulação de políticas públicas mais justas, eficazes e territorialmente sensíveis. Em um cenário de transição energética global, compreender e combater a pobreza energética no Brasil não é apenas uma agenda social, mas também uma exigência de equidade ambiental e justiça distributiva.

Referências

- Abbas, K., Li, S., Xu, D., Baz, K., e Rakhmetova, A. (2020). Do socioeconomic factors determine household multidimensional energy poverty? empirical evidence from south asia. *Energy Policy*, 146:111754.
- Alkire, S. e Foster, J. (2007). Recuento y medición multidimensional de la pobreza.
- Alkire, S. e Foster, J. (2011). Counting and multidimensional poverty measurement. *Journal of public economics*, 95(7-8):476–487.
- Atkinson, T., Cantillon, B., Marlier, E., e Nolan, B. (2002). *Social indicators: The EU and social inclusion*. Oup Oxford.
- Baiyegunhi, L. J. e Hassan, M. (2014). Rural household fuel energy transition: evidence from giwa lga kaduna state, nigeria. *Energy for sustainable development*, 20:30–35.
- Barnes, D. F., Khandker, S. R., e Samad, H. A. (2011). Energy poverty in rural bangladesh. *Energy policy*, 39(2):894–904.
- Bhatia, M. e Angelou, N. (2015). Beyond connections: A multi-tier framework for redefining energy access.
- Bouzarovski, S. e Petrova, S. (2015). A global perspective on domestic energy deprivation: Overcoming the energy poverty–fuel poverty binary. *Energy Research & Social Science*, 10:31–40.
- Castaño-Rosa, R., Solís-Guzmán, J., Rubio-Bellido, C., e Marrero, M. (2019). Towards a multiple-indicator approach to energy poverty in the european union: A review. *Energy and buildings*, 193:36–48.
- Crentsil, A. O., Asuman, D., e Fenny, A. P. (2019). Assessing the determinants and drivers of multidimensional energy poverty in ghana. *Energy Policy*, 133:110884.
- Day, R., Walker, G., e Simcock, N. (2016). Conceptualising energy use and energy poverty using a capabilities framework. *Energy Policy*, 93:255–264.
- De Carvalho, K. M. D., Melo, D. F., et al. (2024). Bem-estar em famílias monoparentais: Uma exploração dos desafios e recursos. *Revista Tópicos*, 2(9):1–15.

- De Souza, P. H., Osorio, R. G., Paiva, L. H., e Soares, S. (2019). Os efeitos do programa bolsa família sobre a pobreza e a desigualdade: um balanço dos primeiros quinze anos. Texto para Discussão 2249, IPEA.
- Decancq, K. e Lugo, M. A. (2013). Weights in multidimensional indices of wellbeing: An overview. *Econometric Reviews*, 32(1):7–34.
- EPE (2024). *Atlas da Eficiência Energética 2024*. EPE e MME, Rio de Janeiro.
- González-Eguino, M. (2015). Energy poverty: An overview. *Renewable and sustainable energy reviews*, 47:377–385.
- Hamilton, L. C. e Seyfrit, C. L. (1993). Interpreting multinomial logistic regression. *Stata Technical Bulletin*.
- Hasenbalg, C. (2005). *Discriminação e desigualdades raciais no Brasil*. Editora UFMG, Belo Horizonte, 2 edition.
- Healy, J. D., InstituteIreland, U., et al. (2003). Fuel poverty in europe: a cross-country analysis using a new composite measurement. In: *New Challenges for Energy Decision Makers, 26th IAEE International Conference, 2003*. International Association for Energy Economics.
- Hiemstra-Van der Horst, G. e Hovorka, A. J. (2008). Reassessing the “energy ladder”: Household energy use in maun, botswana. *Energy Policy*, 36(9):3333–3344.
- IBGE (2023). Pesquisa nacional por amostra de domicílios contínua: microdados. <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 jun. 2025.
- Karimu, A. (2015). Cooking fuel preferences among ghanaian households: an empirical analysis. *Energy for Sustainable Development*, 27:10–17.
- Karimu, A., Mensah, J. T., e Adu, G. (2016). Who adopts lpg as the main cooking fuel and why? empirical evidence on ghana based on national survey. *World Development*, 85:43–57.
- Li, K., Lloyd, B., Liang, X.-J., e Wei, Y.-M. (2014). Energy poor or fuel poor: What are the differences? *Energy Policy*, 68:476–481.
- Long, J. S. e Freese, J. (2006). *Regression models for categorical dependent variables using Stata*, volume 7. Stata press.
- Mahmood, R. e Shah, A. (2017). Deprivation counts: An assessment of energy poverty in pakistan. *The Lahore Journal of Economics*, 1:109–132.
- Mensah, J. T. e Adu, G. (2015). An empirical analysis of household energy choice in ghana. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51:1402–1411.
- Meyer, S., Laurence, H., Bart, D., Middlemiss, L., e Maréchal, K. (2018). Capturing the multifaceted nature of energy poverty: Lessons from belgium. *Energy research & social science*, 40:273–283.

- Middlemiss, L. e Gillard, R. (2015). Fuel poverty from the bottom-up: Characterising household energy vulnerability through the lived experience of the fuel poor. *Energy Research & Social Science*, 6:146–154.
- Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Domicílio e Combate à Fome (2025). Informe cadastro Único nº 59 – novas estimativas de pobreza e baixa renda para o cadastro Único. Brasília: MDS, 03 jan. 2025.
- Moore, R. (2012). Definitions of fuel poverty: Implications for policy. *Energy policy*, 49:19–26.
- Nagothu, S. (2016). Measuring multidimensional energy poverty: The case of india. Dissertação de Mestrado, Norwegian School of Economics.
- Nussbaumer, P., Bazilian, M., e Modi, V. (2012). Measuring energy poverty: Focusing on what matters. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1):231–243.
- Nussbaumer, P., Fuso Nerini, F., Onyeji, I., e Howells, M. (2013). Global insights based on the multidimensional energy poverty index (mepi). *Sustainability*, 5(5):2060–2076.
- Okushima, S. (2017). Gauging energy poverty: A multidimensional approach. *Energy*, 137:1159–1166.
- Ouedraogo, B. (2006). Household energy preferences for cooking in urban ouagadougou, burkina faso. *Energy policy*, 34(18):3787–3795.
- Ozughalu, U. M. e Ogwumike, F. O. (2019). Extreme energy poverty incidence and determinants in nigeria: A multidimensional approach. *Social Indicators Research*, 142(3):997–1014.
- Pachauri, S. e Spreng, D. (2004). Energy use and energy access in relation to poverty. *Economic and Political weekly*, Página 271–278.
- Quishpe, P. S., Taltavull, P. d. L. P., e Juárez, F. T. (2019). Energy poverty in ecuador. *Sustainability*, 11(22):6320.
- Rademaekers, K., Yearwood, J., Ferreira, A., Pye, S., Hamilton, I., Agnolucci, P., Grover, D., Karásek, J., e Anisimova, N. (2016). Selecting indicators to measure energy poverty. Texto para discussão.
- Rahut, D. B., Mottaleb, K. A., e Ali, A. (2017). Household energy consumption and its determinants in timor-leste. *Asian Development Review*, 34(1):167–197.
- Reddy, A. K., Annecke, W., Blok, K., Bloom, D., Boardman, B., Eberhard, A., e Ramakrishna, J. (2000). Energy and social issues. *World energy assessment*, Página 39–60.

- Rizal, R. N., Hartono, D., Dartanto, T., e Gultom, Y. M. (2024). Multidimensional energy poverty: A study of its measurement, decomposition, and determinants in indonesia. *Heliyon*, 10(3).
- Schuessler, R. (2014). Energy poverty indicators: Conceptual issues. part i: The ten-percent-rule and double/mean indicators. Texto para discussão, Center for European Economic Research (ZEW).
- Sher, F., Abbas, A., e Awan, R. U. (2014). An investigation of multidimensional energy poverty in pakistan: A province level analysis. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4(1):65–75.
- Sokołowski, J., Lewandowski, P., Kiełczewska, A., e Bouzarovski, S. (2020). A multi-dimensional index to measure energy poverty: the polish case. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 15(2):92–112.
- Thomson, H., Bouzarovski, S., e Snell, C. (2017). Rethinking the measurement of energy poverty in europe: A critical analysis of indicators and data. *Indoor and built environment*, 26(7):879–901.
- Villalobos, C., Chávez, C., e Uribe, A. (2021). Energy poverty measures and the identification of the energy poor: A comparison between the utilitarian and capability-based approaches in chile. *Energy Policy*, 152:112146.
- Zingwe, D. E., Manja, L. P., e Chirwa, E. W. (2023). The effects of engendered intra-household power dynamics on household food security and nutrition in malawi. *Journal of Gender Studies*, 32(2):167–185.

Apêndice:

A.1. Comparação dos Resultados do MEPI segundo diferentes esquemas de ponderação.

Esquema de Ponderação	Incidência (%)	Intensidade Média	Não Pobres Energéticos (%)	Vulneráveis Energéticos (%)	Pobres Energéticos (%)	Pobres Energéticos Severos (%)
Brasil						
Normativo (base)	0,83	0,3614	72,38	26,79	0,65	0,18
Pesos Iguais	2,34	0,3824	72,38	25,28	2,03	0,31
Complementar por Frequência	2,35	0,3812	71,97	25,68	2,30	0,05
Meio Urbano						
Normativo (base)	0,26	0,2597	76,92	22,82	0,20	0,06
Pesos Iguais	1,39	0,2716	76,92	21,68	1,29	0,10
Complementar por Frequência	1,40	0,2743	76,51	22,09	1,38	0,02
Meio Rural						
Normativo (base)	4,95	0,6474	39,67	55,38	3,90	1,05
Pesos Iguais	9,18	0,6941	39,70	51,12	7,34	1,84
Complementar por Frequência	9,18	0,6838	39,30	51,52	8,86	0,32

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Incidência - proporção de domicílios em situação de pobreza energética; Intensidade - grau médio de privação entre os domicílios. Apesar das variações nos pesos atribuídos, os padrões gerais de privação energética permanecem consistentes, com alterações marginais nos valores do MEPI. A ponderação igualitária tende a elevar a incidência da pobreza energética, enquanto a ponderação por frequência dá mais ênfase a privações menos comuns, aumentando a intensidade média. Tais resultados demonstram a robustez do índice frente a diferentes critérios de ponderação e reforçam a validade do MEPI construído neste estudo.