



Empresa de Pesquisa Energética

WHITE PAPER: CONCEITOS E INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

JUNHO DE 2023



Ministério de
Minas e Energia



■ Colaboradores

Coordenação Geral

Giovani Vitoria Machado

Assessor da Diretoria

Jeferson Borghetti Soares

Coordenação Executiva

Carla da Costa Lopes Achão

Coordenação Técnica

Arnaldo dos Santos Junior

Equipe Técnica

Ana Cristina Braga Maia

Fernanda Marques Pereira Andreza

Natalia Gonçalves de Moraes

Patricia Messer Rosenblum



Ministro de Estado
Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário-Executivo
Efrain Pereira da Cruz

Secretário Nacional de Transição Energética e Planejamento
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira



Presidente

Angela Regina Livino de Carvalho (interina)

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Giovani Vitória Machado (interino)

Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretora de Gestão Corporativa

Angela Regina Livino de Carvalho

<http://www.epe.gov.br>

■ **Sumário**

1. Introdução	5
2. Webinar internacional de conceitos de eficiência energética	6
3. O que é eficiência energética e como medir adequadamente	8
4. Quais os principais indicadores de eficiência energética	9
5. Sistema de indicadores e coleta de dados	13
6. Comparações internacionais	13
7. Conclusões.....	15

■ Lista de Figuras

Figura 1 – Nível de Agregação dos dados	9
Figura 2 – Decomposição dos efeitos intensidade, estrutura e atividade na indústria nacional	10
Figura 3 – Decomposição da variação do consumo de energia elétrica por equipamento entre 2005 e 2019.....	11
Figura 4 – Consumo residencial de energia elétrica per capita anual (kWh per capita) por classe de renda no Brasil em 2019	12
Figura 5 – ODEX Brasil	12

White Paper: Conceitos e indicadores de eficiência energética

Este *White Paper* consolida conceitos, análises e recomendações sobre indicadores de eficiência energética, discutidas no webinar internacional sobre Eficiência Energética, promovido pela EPE em outubro de 2022, com a colaboração do Ministério de Minas e Energia (MME). Este documento ressalta a implicação dos conceitos na seleção de indicadores e na sua efetividade para guiar políticas e medidas de eficiência e acordos internacionais, contribuindo para as discussões sobre eficiência energética, mudanças climáticas e transição energética.

1. Introdução

As discussões sobre indicadores para apoiar a elaboração e avaliação de políticas de eficiência energética não são novas. Nas décadas de 70 e 80, devido aos choques do petróleo e as políticas energéticas necessárias para lidar com suas consequências, diversos especialistas e tomadores de decisão colocaram perguntas como: ‘O que é eficiência?’, ‘Como medir adequadamente?’, ‘Quais os principais indicadores para guiar e apoiar os tomadores de decisão em investimentos e ações de eficiência?’, ‘Como as instituições devem promover, medir e avaliar políticas, mecanismos e resultados em eficiência?’ ou ‘Como estabelecer metas ambiciosas e justas para políticas públicas e negociações climáticas?’.

Na época, o *Resources for the Future* (RFF) desenvolveu um projeto, financiado pelo *Electric Power Research Institute* (EPRI) para aprofundar essas questões. Os debates e pesquisas foram realizados e publicados por Joel Darmstadter, Joy Dunkerley, Jack Alterman, J. J. Schanz Jr. e outros. Na década de 90, durante os estágios iniciais das negociações climáticas, perguntas e debates similares levaram a esforços internacionais para definir os conceitos de eficiência, estabelecer metodologias para medir a eficiência e estabelecer bases de dados e indicadores apropriados. O *Lawrence Berkely National Laboratory* (LBNL) e a Universidade de Utrecht realizaram um workshop internacional, convidando especialistas do mundo todo para difundir essas questões fundamentais e construir uma estrutura analítica para política energética e negociações. Novamente, os resultados foram publicados por pesquisadores e especialistas como Lee Schipper, Mark Levine, Kornelis Blok, Ernst Worrell, Nathan Martin, Lynn Price, Dian Philipsen, Jayant A. Sathaye, Roberto Schaeffer, Gilberto Jannuzzi, Howard Geller e muitos outros. Diversas instituições, como LBNL, University of Utrecht, IEA, Enerdata, Agência Internacional de Energia Atômica, World Energy Council e Banco Mundial, implementaram bases de dados robustas e indicadores de eficiência, o que contribuiu para a elaboração de políticas bem desenhadas e avaliadas.

Eventualmente ainda há especialistas publicando artigos e materiais sobre o assunto. Entretanto, com as atuais e futuras discussões sobre elaboração e avaliação de políticas de eficiência, negociações climáticas e metas de desenvolvimento sustentável, é fundamental que todo esse conhecimento seja lembrado e utilizado nas tomadas de decisão, evitando acordos enviesados e que desconsiderem as particularidades de cada país, em especial os em desenvolvimento. Portanto, esta publicação reúne conceitos e melhores práticas relacionadas a indicadores de eficiência energética.

2. Webinar internacional de conceitos de eficiência energética

Em outubro de 2022, a EPE promoveu o *Webinar on Energy Efficiency: Use and Limits of Energy efficiency Indicators in International Comparisons and their Implications for Climate Change Negotiations*¹, com a colaboração do Ministério de Minas e Energia (MME), com o objetivo de disseminar as melhores práticas em termos de indicadores de eficiência energética e reunir uma rede de especialistas no tema.

O webinar chamou a atenção para o fato de ser fundamental harmonizar conceitos de eficiência energética, objetivos de política e indicadores, que são selecionados para monitorar e avaliar o desempenho de políticas e o alcance das metas. Em outras palavras, os conceitos são muito importantes para projetar boas políticas e selecionar o conjunto apropriado de energia indicadores de eficiência.

Na abertura participaram Thiago Barral (então presidente da EPE), Gustavo Masili (Diretor – MME), George Soares (Gerente – ENBPar/PROCEL) e Luis Ricardo Trezza (Diretor – ABESCO). Barral falou que “usar energia de forma mais eficiente para obter o mesmo serviço energético preserva recursos naturais e evita impactos ambientais, inclusive emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) – alvo das preocupações dos acordos climáticos. Também está relacionado a processos de inovação, capacitação e desenvolvimento sustentável”.

No primeiro bloco, sobre conceitos e indicadores, moderado pelo Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais da EPE, Giovani Machado, os especialistas Wolfgang Eichhammer (Professor e Chefe do Centro de Competência Política Energética e Mercados energéticos – Fraunhofer ISI) e Dian Phylipsen (Diretora – SQ Consult) apresentaram: limitações de utilizar a intensidade energética como indicador para medir a eficiência; outros fatores que impactam o consumo (como mudanças estruturais, ciclos econômicos e clima); uma ferramenta de decomposição do consumo energético; a pirâmide de indicadores, a qual mostra que indicadores mais complexos exigem mais dados; e a importância de utilizar as estatísticas de forma inteligente na escolha do indicador para atividade. Wolfgang apresentou o indicador ODEX – ODYSSEE Energy Efficiency Indicator, desenvolvido na Europa para medir os ganhos e eficiência, que corrige fatores de estrutura, utiliza indicadores físicos quando possível. Vale ressaltar que o Brasil utiliza esse tipo de indicador no Atlas da Eficiência Energética para inferir a eficiência energética alcançada pelo País segundo dados históricos. Dian ressaltou que, para políticas de eficiência energética, precisamos definir os instrumentos mais apropriados para atingir os objetivos e monitorar seu progresso com indicadores adequados. Também falou sobre a dificuldade de países em desenvolvimento em obter dados de uso final detalhados e dos esforços necessários para fazer e manter um sistema de indicadores.

O segundo bloco foi sobre lições aprendidas sobre o nível de desagregação dos indicadores, moderado por Carla Achão, Superintendente de Estudos Econômicos e Energéticos da EPE, com apresentações de Roberta Quadrelli (Chefe de Dados e Indicadores de Transições Energéticas – IEA;), Laura Sudries (Gerente de Projetos de Eficiência Energética – Enerdata), Stephane de la Rue du Can (Gerente de Programas – LBNL). Laura ressaltou que “A eficiência energética e indicadores detalhados têm muitos benefícios. Para definir metas os indicadores detalhados

¹ EPE, 2022c.

ajudam, assim como monitorar tendências, avaliar impacto de políticas, monitorar a penetração de tecnologias e práticas eficientes, comparar países e identificar melhores práticas”. Roberta exemplificou que na crise europeia também foi útil ter indicadores desagregados para saber a produção e importação de combustíveis fósseis advinda de países sensíveis e seu impacto por uso final, ajudando a planejar a resposta à crise. Stephane citou as quatro pesquisas que os EUA se baseiam para construir os indicadores: Pesquisa de consumo de energia na indústria (MECS), pesquisa de prédios comerciais (CBECS), pesquisa de consumo residencial (RECS) e pesquisa de viagens nacionais (NHTS).

O último bloco discutiu as implicações das políticas de eficiência nas negociações climáticas, com a moderação de Howard Geller (Consultor – SWEEP) e participação de Leonardo Rocha Souza (Chefe da Seção de Estatísticas Energéticas – DESA/UNSD), Steven Nadel (Diretor executivo – ACEEE), Jeferson Soares (Assessor de diretoria – EPE) e Luis Augusto Horta Nogueira (Professor – UNIFEI). Falaram sobre a eficiência energética como parte da estratégia de redução de emissões de gases de efeito estufa e que as metas devem considerar as emissões históricas dos países, o estágio de desenvolvimento, os diferentes custos de mitigação e as restrições para aumentar a eficiência. Jeferson contou sobre sua experiência na implantação do sistema de indicadores de eficiência energética no Brasil, a partir de 2011, que hoje produz o Atlas da Eficiência Energética, que monitora o progresso da eficiência. Também ressaltou a relevância de mecanismos de colaboração internacional para financiamento e capacitação e de uma rede de especialistas de eficiência para disseminação de boas práticas. Discutiram sobre como avaliar a eficiência energética, sendo que o primeiro passo é definir qual o objetivo: medir um programa específico, um conjunto de políticas ou tendências de um país. Cada política deve ser avaliada com seu objetivo e deve-se definir os indicadores de monitoramento e como será a coleta dos dados desde o início. Uma análise comparativa entre países é possível, com cuidados e reconhecendo limitações, como considerar zonas bioclimáticas, subestruturas da indústria, a extensão do país e necessidade de transporte etc. Horta falou sobre o Balanço de Energia Útil, que traz informações mais detalhadas sobre a conversão da energia final em energia útil e o potencial de eficiência, o que não é possível apenas com dados de consumo final dos Balanços Energéticos. Por fim, para ampliar o papel da eficiência nos acordos climáticos, Leonardo considera importante que os inventários nacionais (no âmbito da UNFCCC) sejam mais desagregados pelo lado da demanda, com emissões por uso final. Steve ressaltou que cada país tem suas prioridades e que a eficiência pode estar relacionada aos objetivos nacionais, como competitividade e redução de custo com energia. No encerramento, Giovanni falou sobre a necessidade de aperfeiçoar o indicador utilizado para monitorar a eficiência energética de maneira mais ampla no âmbito desses acordos, devido a todas as distorções que ocorrem ao utilizar a intensidade energética como *proxy* da eficiência. É preciso ter o cuidado de, quando definir uma meta global, pensar em como dividi-la para países específicos, de tal forma que elas sejam viáveis. Ao contrário, teremos apenas frustração e uma falsa percepção que a eficiência não está acontecendo, pois está sendo distorcida por outros fatores que não têm a ver diretamente com eficiência energética.

3. O que é eficiência energética e como medir adequadamente

Ganhos de eficiência energética são obtidos através da realização de um serviço energético utilizando menos energia, mantendo o nível de conforto. A eficiência aumenta quando a relação serviço energético /consumo final energético aumenta.

A eficiência energética promove múltiplos benefícios, como a redução dos gastos com energia, aumentando a renda disponível das famílias e a produtividade dos negócios, maior resiliência ao setor elétrico, postergação de investimentos em expansão, geração de empregos, redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE), redução das emissões de poluentes locais com melhorias para a saúde da população e redução de gastos com saúde.

A eficiência pode ser alcançada através da substituição de equipamentos por outros de maior rendimento e pela otimização do seu uso.

Como não é possível medir a eficiência diretamente, são utilizados indicadores para estimar os ganhos de eficiência.

A escolha dos indicadores depende do objetivo da análise, que pode ser medir o impacto de um programa específico, de um conjunto de políticas, monitorar tendências, definir metas, fazer comparações internacionais e definir benchmarking para comparar a performance energética.

Se o objetivo for aumentar a eficiência energética de equipamentos, produtos e processos, então há as políticas, programas e metas de eficiência energética para segmentos/ usos finais e os instrumentos podem ser planos de ação, incentivo e/ou normativo e engajamento de agentes. Neste caso, o indicador para monitorar pode ser o consumo por setor/uso final.

Já a intensidade energética é um indicador técnico-econômico que relaciona energia e PIB. Se o objetivo for reduzir este indicador, há políticas de competitividade, industrial, tecnológica, energética, eficiência e educacional e os instrumentos deverão mudar a composição do PIB, a cesta de produtos dos setores, as tecnologias, os processos industriais e a matriz energética.

O indicador deve estar coerente com o objetivo da política e fazer uso dos instrumentos adequados. Além disso, ao elaborar uma política é preciso inicialmente definir os indicadores para seu monitoramento e como os dados serão obtidos antes da política ser implementada. Para cada escolha há consequências e limitações.

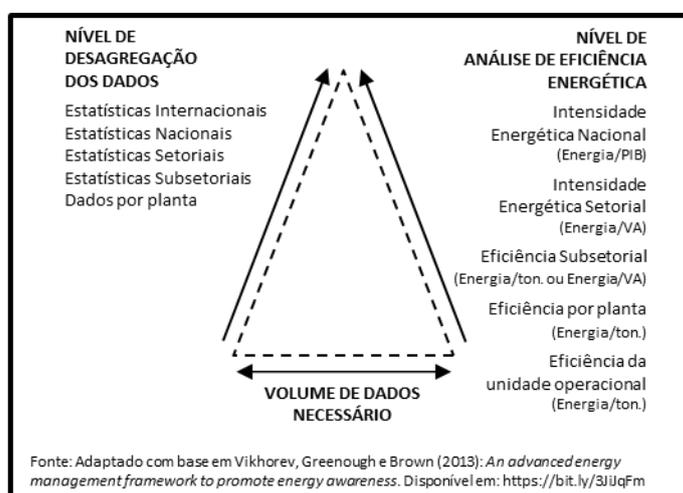
4. Quais os principais indicadores de eficiência energética

A utilização dos indicadores de eficiência energética possui vários objetivos associados e devem estar alinhados com as políticas implementadas. Desta forma, para cada objetivo, um conjunto de indicadores deve ser selecionado. Estes são alguns exemplos nos quais indicadores são necessários:

- avaliação de política e de programas de eficiência energética;
- monitoramento de metas estabelecidas e redução de CO₂;
- planejamento e acompanhamento dos programas de P&D e PEE; e
- modelos de previsão de demanda de energia.

A Figura 1 apresenta uma ilustração dos níveis de agregação dos indicadores e a necessidades de dados. O nível de agregação do indicador é inversamente proporcional à necessidade de dados. No topo da pirâmide estão indicadores agregados, sendo o principal a intensidade energética, medida pelo consumo energético pelo PIB. São dados facilmente disponíveis para a maior parte dos países, mas pode carregar vieses se utilizado com uma *proxy* da eficiência energética. Em seguida, estão a intensidade setorial e a intensidade subsetorial (considerando-se o valor adicionado por segmento). E, próximo à base, estão dados mais desagregados como o consumo por produção física do setor, planta, unidade operacional e por uso final. Os últimos indicadores demandam mais dados e são mais complexos e se aproximam mais da eficiência de fato.

Figura 1 – Nível de Agregação dos dados



Fonte: Fact sheet conceitos de eficiência energética: importância do bom entendimento para o planejamento (EPE, 2022a)

Para acompanhamento dos efeitos de políticas públicas, indicadores com grandezas físicas são mais indicados, em detrimento aos que usam unidades monetárias, que têm limitações e influência de outros fatores que não a eficiência, como câmbio e variação de preços.

A intensidade energética, no topo da pirâmide, mede a demanda energética de uma economia para prover bens e serviços e é calculado pela razão entre oferta interna de energia² e o Produto Interno Bruto (PIB) em determinado período. Esse indicador é diretamente influenciado pela estrutura econômica do País. Como cada setor econômico demanda uma quantidade diferente de energia para gerar uma unidade de valor adicionado e o crescimento da atividade de cada setor pode ser diferente, mudanças na estrutura da economia alteram a intensidade energética do País, independente de ganhos de eficiência energética nas tecnologias ou processos. Portanto, utilizar a intensidade energética como uma *proxy* da eficiência pode causar distorções e, portanto, a comparação internacional deve ser realizada com cautela. Por exemplo, um país com elevada participação de manufatura básica, em geral energointensiva e de baixo valor adicionado, pode ser interpretado como menos eficiente energeticamente, mesmo se suas plantas industriais utilizarem tecnologias e práticas eficientes e se os produtos forem exportados.

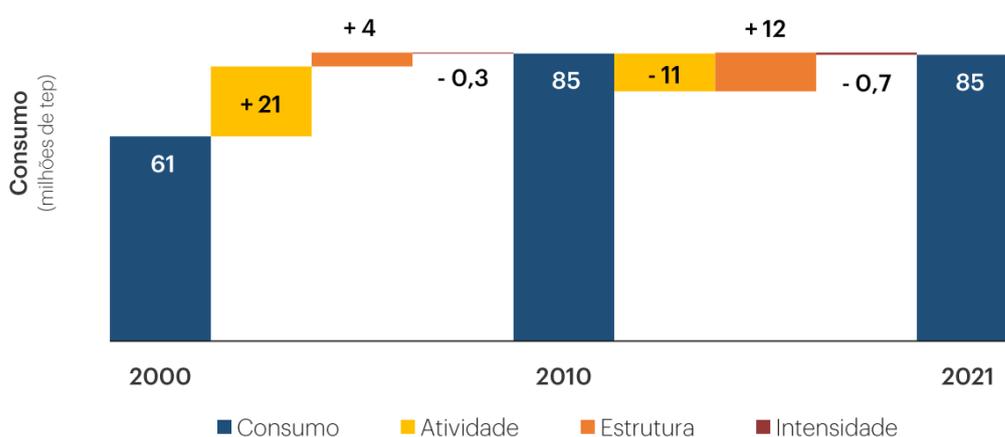
Isso é relevante, em especial no caso brasileiro, onde a participação das indústrias energointensivas e exportadoras é relevante no consumo energético total, e mudanças na estrutura (na participação desses segmentos industriais no PIB) influencia o indicador.

- Decomposição

A fim de minimizar o efeito das mudanças estruturais, são utilizadas técnicas de decomposição da variação do consumo (ou da intensidade). A variação do consumo em determinado período é separada nos principais efeitos explicativos, sendo eles o nível de atividade econômica, mudanças na estrutura econômica e economia de energia. Há diferentes métodos de decomposição, como o *logarithmic mean Divisia index method* (LMDI) (Ang, 2005), apresentado no Anexo 1.

As Figuras 2 e 3 exemplificam análises de decomposição do consumo para o setor industrial e residencial brasileiro.

Figura 2 – Decomposição dos efeitos intensidade, estrutura e atividade na indústria nacional

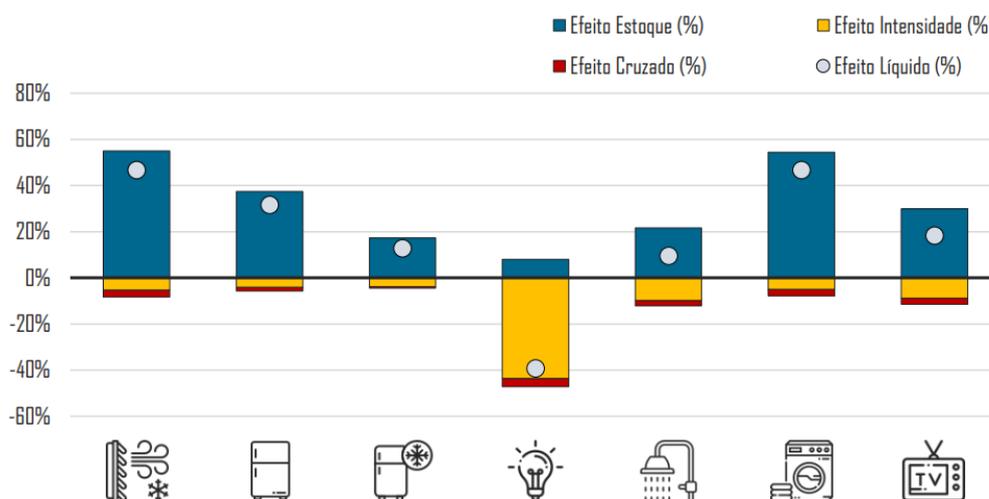


Fonte: Atlas da Eficiência Energética 2022 (EPE, 2023a)

² Oferta interna de energia é toda a energia necessária para movimentar a economia de um País.

Na última década houve redução da atividade industrial (queda do PIB industrial) e maior participação de indústrias energointensivas e de base (aumento do consumo pelo efeito estrutura), o que resultou em aumento da intensidade energética. No mesmo período, com a decomposição do consumo, é possível observar que houve ganhos de eficiência (redução da intensidade dos segmentos).

Figura 3 – Decomposição da variação do consumo de energia elétrica por equipamento entre 2005 e 2019



Fonte: Atlas da Eficiência Energética 2020 (EPE, 2021)

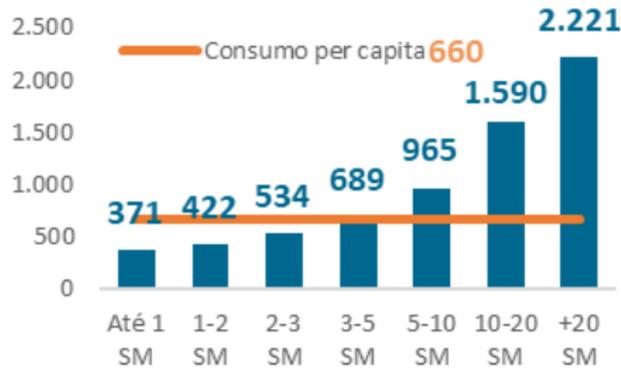
Na Figura 3 observa-se que, entre 2005 e 2019, o consumo aumentou para todos os eletrodomésticos analisados, em função principalmente do aumento do estoque (aumento da população e da posse de equipamentos). Ao mesmo tempo, o consumo específico dos equipamentos diminuiu, principalmente das lâmpadas que começaram a utilizar a tecnologia LED, aumentando a eficiência.

- Efeitos que impactam o consumo

Outros fatores também influenciam o consumo, como ciclos econômicos (levando ao uso ineficiente da capacidade instalada da indústria e transporte de cargas), o clima de cada região, a temperatura (verões mais ou menos quentes), fatores sociais (migração para áreas urbanas, mudanças para residências maiores e número de habitantes por domicílios) e fatores comportamentais (forma como os equipamentos são utilizados). O acesso a serviços energéticos também influencia no consumo, em especial em países em desenvolvimento, onde há pobreza energética e demanda reprimida por diversos serviços, com potencial de incremento.

No Brasil, o consumo de energia elétrica reflete a grande desigualdade que marca historicamente o País, em termos regionais e por classe de renda. Os domicílios com renda até 5 salários-mínimos representam 78% dos domicílios nacionais e apenas 58% da demanda residencial de eletricidade. A heterogeneidade do consumo per capita (Figura 4) é explicada pelos contrastes tanto na posse de equipamentos quando no hábito de uso e na potência desses dispositivos. Em um cenário no qual se espera uma evolução da renda com melhor distribuição nos próximos anos, o ganho de poder aquisitivo das famílias de menor renda levará ao aumento da demanda por energia, o que não pode ser confundido com uma eventual perda de eficiência energética.

Figura 4 – Consumo residencial de energia elétrica per capita anual (kWh per capita) por classe de renda no Brasil em 2019



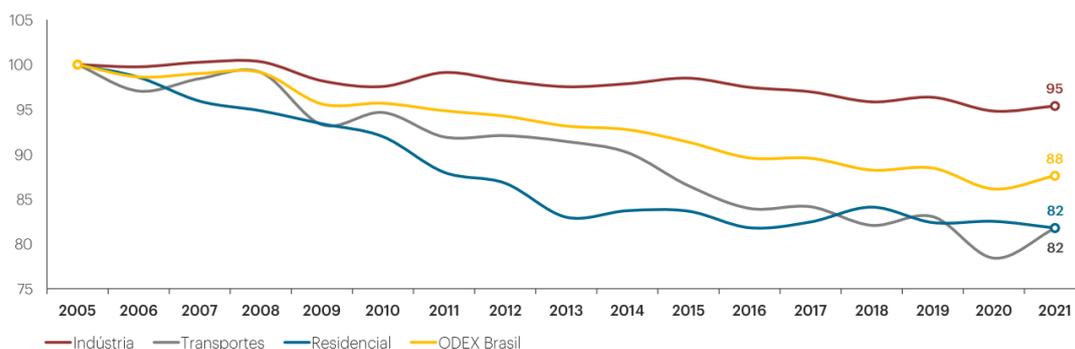
Fonte: Fact sheet: consumo residencial de energia elétrica por faixa de renda (EPE, 2023b)

- ODEX

A fim de minimizar a influência desses fatores foi desenvolvido o indicador ODEX, que é um índice de conservação de energia para avaliar e comparar os ganhos de eficiência energética dos países da União Europeia no programa *Odyssee-database*.

São selecionados os melhores indicadores, de preferência com base na produção física e uso final, avaliada a variação de cada indicador de um ano para outro e ponderado pelo seu peso no consumo total. Dessa forma é possível comparar indicadores com unidades diferentes, seja por domicílio, produção física ou número de veículos, e minimizar efeitos estruturais. O Brasil adaptou esse índice e publica os resultados periodicamente no Atlas da Eficiência Energética (EPE, 2022a).

Figura 5 – ODEX Brasil



Fonte: Atlas da Eficiência Energética 2022 (EPE, 2023a)

Ainda assim, para chegar a conclusões, um conjunto de indicadores deve ser interpretado, qualificado, inserido em um contexto e complementado com informações adicionais.

A indústria de papel e celulose brasileira, por exemplo, é uma das mais eficientes do mundo. Como o indicador considera o consumo para produção de celulose e de papel agregados, a produção de celulose é mais energointensiva e a participação da produção de celulose para exportação vem aumentando, parece que está perdendo eficiência, mas na verdade é um efeito subestrutura.

5. Sistema de indicadores e coleta de dados

Para elaborar indicadores detalhados, é necessário elaborar e manter um sistema de indicadores. Isso demanda esforço e recursos para coletar e gerenciar os dados, desenvolver balanços energéticos, obter de dados de uso final e realizar de pesquisas adicionais.

No setor residencial, por exemplo, indicadores desagregados demandam dados de consumo por serviço energético ou equipamento, que no caso do Brasil são obtidos através da Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial – PPH (Procel/Eletrobras 2005 e 2019), Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua – PNAD contínua (IBGE), de modelagem energética (Modelo de Demanda Residencial MDR da EPE) e do Balanço Energético Nacional (EPE). Com os dados da PPH foi possível desagregar o consumo por classe de renda, o que permite a construção de ações de eficiência mais focadas e adequadas a realidade brasileira.

A EPE iniciou a construção de uma base de dados de indicadores de eficiência energética no Brasil em 2012 com objetivo de monitorar o desempenho da eficiência energética no país. O trabalho inicialmente contou com a parceria da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH, no âmbito do acordo de Cooperação Técnica entre o Brasil e Alemanha na área das Fontes Renováveis e Eficiência Energética, a ENERDATA e a *Agence de l' Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie* (ADEME). O trabalho foi baseado na *Odyssey-Database*, da União Europeia, e alinhado como projeto *Base de Indicadores de Eficiência Energética* (BIEE) da CEPAL. A primeira publicação de um relatório análise de indicadores foi a NT DEA 10/14 - Consumo de Energia no Brasil Análises Setoriais (EPE, 2014), e a mais recente o *Altas eficiência energética: Brasil 2022* (EPE, 2023a), com contribuições da Agência Internacional de Energia (IEA) e do Instituto Aço Brasil (IABr).

6. Comparações internacionais

A comparação da eficiência entre países é possível, mas deve ser feita com cautela e considerando cada realidade e particularidade local e suas limitações e para tal há de se escolher os indicadores mais adequados. Alguns exemplos de publicações recentes sobre o assunto são a base de dados de indicadores de eficiência energética da IEA (IEA, 2022), com indicadores de uso final, o projeto *Odyssey-Mure* com indicadores de uso final da União Europeia e o *ACEEE scorecard* (ACEEE, 2022), que pontua políticas e performance de indicadores de diferentes países, incluindo o Brasil. Os esforços da IEA para obtenção de dados começaram na década de 90. Em 2009 o tema foi alçado a nível ministerial, exigindo dos países da OCDE o fornecimento anual de dados de uso final e estatísticas necessárias para desenvolver indicadores de eficiência energética, o que facilitou a coleta de dados e melhorou a sua qualidade.

Quando se trata de metas internacionais de eficiência energética, o tema é mais sensível. No ODS 7 – Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 7 da ONU, a meta 7.3 nas Nações Unidas é dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética até 2030, e o indicador é a intensidade energética medida em termos de energia primária e de PIB (BRASIL, 2023). O conceito utilizado de "eficiência energética" refere-se ao nível de intensidade energética da

economia, quanto mais baixa a intensidade energética, maior a eficiência da conversão de energia em produtos e serviços.

Já a meta brasileira foi adequada para 'até 2030, aumentar a taxa de melhoria da eficiência energética da economia brasileira'. No caso do Brasil, o histórico do indicador de intensidade energética e as projeções realizadas no PNE 2050 indicariam ser inviável atingir a meta proposta pela ONU.

A variação na intensidade energética é influenciada por ações de eficiência energética, mas também por outros fatores como a mudança na estrutura produtiva do país, ciclos econômicos desfavoráveis e pelo aumento do consumo das famílias. Sendo assim, o desenvolvimento econômico e um eventual aumento da participação de indústrias energointensivas, como aço e alumínio, tende a aumentar a intensidade energética.

Adicionalmente, a intensidade energética medida em energia primária melhora com a eficiência dos centros de transformação, com a substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis não térmicas, como eólica, solar e hidráulica (internacionalmente considera-se perda zero nessas transformações para fins de contabilização de balanços energéticos). As taxas de renovabilidade da matriz elétrica brasileira são reconhecidamente superiores à média global, com a participação de renováveis não térmicas somando 75% da matriz em 2020. A base hidráulica brasileira vem perdendo participação (EPE, 2022b) e é um desafio manter esse alto percentual de renováveis não termoeletricas, o que tem ocorrido no País através do ganho de importância de outras fontes renováveis em sua matriz energética. Países que ainda tem sua matriz elétrica baseada em combustíveis fósseis têm mais oportunidades que o Brasil para reduzir sua intensidade com políticas de incentivo à renováveis.

A eventual inclusão de metas de eficiência energética em acordos climáticos deve levar em consideração a realidade de cada país e o indicador deve estar alinhado ao objetivo.

- Benchmarking

É possível comparar o desempenho energético entre plantas industriais e entre edificações com uma análise de benchmarking. Para uma análise robusta também são necessários dados detalhados e de qualidade. Na indústria, o nível mais agregado é o consumo por produção física, mas é possível detalhar por linha de produção, por processo unitário ou por equipamento. A comparação deve considerar a heterogeneidade das indústrias e dos produtos.

No setor de edificações, as edificações são separadas entre tipologias. A zona bioclimática onde a edificação está inserida influencia o desempenho energético, as características construtivas ideais e o potencial de eficiência. A plataforma de cálculos de benchmarking de consumo de energia (CBCS, 2021) apresenta dados para edificações nacionais, possibilitando a comparação com consumos típicos do mercado nacional e potencial de melhorias. Foi elaborada com recursos do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL em parceria com o CBCS.

7. Conclusões

Compreender os conceitos de eficiência energética é fundamental para definição de políticas, instrumentos, programas e planos. Os indicadores de monitoramento devem ser definidos preferencialmente *a priori* e devem ser coerentes com o objetivo associado.

Enquanto a intensidade energética do Brasil vem se mantendo relativamente estável, o índice ODEX do País apresentou ganhos de 12% entre 2005 e 2021. Esse índice é uma melhor *proxy* para medir a evolução da eficiência energética de um país, pois reduz os efeitos de mudanças na estrutura da economia no consumo energético.

Os ganhos de eficiência energética são resultado de décadas de investimentos em eficiência energética, com o Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE (Inmetro em 1984), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Procel/ENBPar (Portaria Interministerial nº 1.877/1985), o Programa de Eficiência Energética das concessionárias de distribuição de energia elétrica – PEE/ANEEL (Lei 9.991/2000), índices mínimos de eficiência (Lei 10.295/2001), entre outras iniciativas governamentais. Adicionalmente, uma parcela é função do progresso autônomo, de inovação tecnológica e ações implementadas por iniciativa dos próprios consumidores.

A desigualdade no acesso à energia e a pobreza energética representam um desafio para o País. A tendência é que o aumento da renda per capita eleve o consumo de energia, suprimindo parte da demanda reprimida por bens e serviços. Como resultado, o indicador de intensidade energética aumenta, mesmo que esse consumo adicional seja em equipamentos eficientes e utilizados de forma eficaz.

Os indicadores são fundamentais para o planejamento energético, de modo a conhecer melhor o perfil de consumo, as tendências e traçar planos, considerando a segurança energética, modicidade tarifária e universalização do acesso. Para seu uso adequado, os indicadores devem ser analisados dentro de cada contexto e complementados com informações adicionais.

Indicadores desagregados são mais robustos e dependem da coleta sistemática de dados. A digitalização trará grandes oportunidades para medir, monitorar e gerenciar a demanda de energia e os ganhos de eficiência, a fim de obter o melhor dos investimentos em eficiência energética na indústria, serviços, residências e outros setores.

Referências:

ACEEE, 2022. 2022 *International energy efficiency scorecard*. Disponível em: <https://www.aceee.org/international-scorecard>

Ang, 2005. The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421503003136>

BRASIL, 2023. Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=7>

CBCS/Eletrabras, 2021. Plataforma de cálculos de benchmarking de consumo de energia (CBCS) <https://plataformadeo.cbcs.org.br/>

Eichhammer, Wolfgang; Mannsbart, Wilhelm. Industrial energy efficiency: indicators for a European cross-country comparison of energy efficiency in the manufacturing industry. *Energy Policy*, vol 25, Nos. 7-9, pp. 759-772, 1997.

EPE, 2014. Consumo de Energia no Brasil: Análises Setoriais. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-311/DEA%2010-14%20Consumo%20de%20Energia%20no%20Brasil%5b1%5d.pdf#search=nota%20tecnica%202014%20analises>

EPE, 2021. Atlas da Eficiência Energética: Brasil 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-556/Atlas%20consolidado_08_03_2021.pdf

EPE, 2022a. *Fact sheet* conceitos de eficiência energética: importância do bom entendimento para o planejamento. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-664/EPE_FactSheet_Conceitos%20de%20EE.pdf#search=fact%20sheet%20efici%C3%Aancia

EPE, 2022a. Atlas da Eficiência Energética: Brasil 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-651/Atlas2021_PT_2022_02_04.pdf

EPE, 2022b. O perfil da matriz elétrica brasileira. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-659/EPEFactSheetEficienciaNaTransformacao.pdf>

EPE, 2022c. *Webinar on Energy Efficiency: Use and Limits of Energy efficiency Indicators in International Comparisons and their Implications for Climate Change Negotiations*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FTJ8-5PBE08&t=9216s>

EPE, 2023a. Atlas da Eficiência Energética: Brasil 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-741/Atlas_Eficiencia_Energetica_Brasil_2022.pdf

EPE, 2023b. Fact sheet consumo residencial de energia elétrica por faixa de renda. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-729/FactSheetConsumoPorClassesDeRenda_Final09032023.pdf

Geller et al. *The efficient use of electricity in Brazil: progress and opportunities*. Energy Policy, vol. 26, No 11, pp. 859-872, 1998.

Geller et al. *Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil*. Energy Policy, 32, pp. 1473-1450, 2004.

IEA, 2014. *Energy efficiency indicators: fundamentals on statistics*. Disponível em: [Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics – Analysis - IEA](#)

IEA, 2020. *Energy end-use data collection methodologies and the emerging role of digital technologies*. Disponível em: [Energy end-use data collection methodologies and the emerging role of digital technologies – Analysis - IEA](#)

IEA, 2022. *Energy Efficiency Indicators*. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/energy-efficiency-indicators>

IEA, 2023. *Demand-side data and energy efficiency indicators – A guide to designing a national roadmap*. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/bcc21d9c-47df-4d5b-8e20-f9688d9f9279/Demand-sidedataandenergyefficiencyindicators.pdf>

Haas, Reinhard. *Energy efficiency indicators in the residential sector: what do we know and what has to be ensured?* Energy Policy, vol. 25, Nos. 7-9, pp. 789-802, 1997.

MME/EPE, 2022. Plano Decenal de Expansão de Energia 2031. Box 1 - 1: Intensidade energética e o efeito estrutura. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031_RevisaoPosCP_rvFinal_v2.pdf

Patterson, Murray. *What is energy efficiency? Concepts, indicators and methodological issues*. Energy Policy, vol. 24, No. 5, pp. 337-390, 1996.

Anexo 1:

Decomposição da variação do consumo energético pelo método *logarithmic mean Divisia index method* (LMDI) (Ang, 2005).

$$\Delta E_{tot} = E^T - E^0 = \Delta E_{act} + \Delta E_{str} + \Delta E_{int}$$

$$\Delta E_{act} = \sum_i \frac{E_i^T - E_i^0}{\ln E_i^T - E_i^0} \ln \left(\frac{Q^T}{Q^0} \right)$$

$$\Delta E_{str} = \sum_i \frac{E_i^T - E_i^0}{\ln E_i^T - E_i^0} \ln \left(\frac{S_i^T}{S_i^0} \right)$$

$$\Delta E_{int} = \sum_i \frac{E_i^T - E_i^0}{\ln E_i^T - E_i^0} \ln \left(\frac{I_i^T}{I_i^0} \right)$$

Onde

i é cada subsetor

E é o consumo de energia total

T é o ano final do período analisado

$T=0$ é o ano inicial do período analisado

ΔE_{tot} é a mudança agregada no consumo de energia

Act é o efeito atividade

Str é o efeito estrutura

Int é o efeito intensidade

$$Q = \sum_i Q_i$$

$$S_i = \sum_i \frac{Q_i}{Q}$$

$$I_i = \sum_i \frac{E_i}{Q_i}$$

Q é o nível de atividade total (*valor adicionado*)

S é a participação do segmento i na atividade

I é a intensidade energética do segmento i