



PROCEL



ENBPar
Empresa Brasileira de Participações
em Energia Nuclear e Binacional

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Relatório da análise dos resultados da PPH 2019

Análise dos resultados da PPH 2019

Março/2024



Relatório da análise dos resultados da PPH 2019

Elaborado por: **mitsidi**

Autores:

Vinícius Vidoto	Rosana Corrêa
Izana Ribeiro	Vitória Elisa da Silva
Pedro Gomes	Rafael Brito
Guilherme Brito	Milena Marques
Leonardo Ramos	Francesco Tommaso
Maria José Pegorin	Fernando Lozer

Equipe:

Alexandre Schinazi	Ana Beatriz Santos
Bruno Mourão	Daiane Elert
Guilherme Silva	Gabriel Frasson
Gabriela Pacheco	João Guilherme Zati
Fabio Frasson	Júlia Alves
Juliana Benévolo	Ana Carolina Dias
Victor Alves	Hamilton Ortiz
Laisa Brianti	Luisa Zucchi
Rosane Fukuoka	Rafael Katsurayama
Vanessa Frasson	Suzy Gasparini
Levi Naldi	Ana Júlia Ramos
Guilherme Goulart	Giovanna Motta
Guilherme Goldbach	Talita Cruz

Para: ENBPar

Projeto: Análise dos resultados da PPH 2019

Coordenação: Anna Carolina Peres Suzano e Silva (ENBPar) e Gabriel Frasson (Mitsidi)
Mar/2024



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
2	OBJETIVOS DO TRABALHO	5
3	VISÃO GERAL DA METODOLOGIA/MÉTODOS	6
4	ANÁLISE DE CRESCIMENTO DA POSSE E CONSUMO ENERGÉTICO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS	8
4.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	8
4.2	DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO 3	9
4.3	APLICAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DO GOOGLE TRENDS	14
4.4	EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS RESISTIVOS	16
4.5	EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS	17
4.6	EQUIPAMENTOS MOTRIZES	19
4.7	EQUIPAMENTOS MOTRIZES E RESISTIVOS	20
5	EQUIPAMENTOS E REGULAMENTAÇÃO NACIONAL E INTERNACIONAL	21
5.1	REGULAMENTAÇÃO NACIONAL	22
5.2	REGULAMENTAÇÃO INTERNACIONAL	24
5.2.1	<i>Ecodesign na União Europeia</i>	27
5.2.2	<i>Energy Rating na Austrália</i>	27
5.2.3	<i>Energy Star nos Estados Unidos</i>	28
5.3	ANÁLISES DOS EQUIPAMENTOS E REGULAMENTAÇÕES	29
5.3.1	<i>Equipamentos Elétricos e Eletrônicos</i>	29
5.3.2	<i>Equipamentos Resistivos</i>	30
5.3.3	<i>Equipamentos Motrizes</i>	30
5.3.4	<i>Equipamentos Motrizes-resistivos</i>	30
6	ANÁLISE DOS IMPACTOS NA DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA ESPERADA PELOS USOS DOS EQUIPAMENTOS AINDA NÃO REGULAMENTADOS, INDIVIDUALMENTE, NO HORIZONTE DE 2019 A 2050	31
6.1	METODOLOGIA	32
6.1.1	<i>Horários de uso</i>	32
6.1.2	<i>Frequência de uso</i>	34
6.1.3	<i>Formação da curva de carga de cada região</i>	36
6.1.4	<i>Cenários com tarifas horárias Time of Use</i>	37
6.2	ANÁLISE DAS CURVAS DE CARGA	39
6.3	EQUIPAMENTOS COM MAIOR IMPACTO	44
7	PRIORIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA REGULAMENTAÇÃO	49
7.1	RESULTADOS PARA DIFERENTES CENÁRIOS	55
8	CONCLUSÕES	57
	REFERÊNCIAS	59
	APÊNDICE A	65



LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA GERAL DO TRABALHO (FONTE: AUTORIA PRÓPRIA)	6
FIGURA 2 - LEVANTAMENTO DE DADOS DE POSSE, CONSUMO E PROJEÇÃO (FONTE: AUTORIA PRÓPRIA)	10
FIGURA 3 - INTERESSE APENAS DO TERMO “FORNO ELÉTRICO”, DE 2004 A 2023 NO BRASIL (FONTE: ADAPTADO DE GOOGLE TRENDS)	11
FIGURA 4 - INTERESSE DO TERMO “APARELHO DE SOM” EM COMPARAÇÃO AO TERMO “FREEZER”, DE 2004 A 2023 NO BRASIL (FONTE: ADAPTADO DE GOOGLE TRENDS)	12
FIGURA 5 - INTERESSE DO TERMO “FORNO ELÉTRICO” DE 2004 A 2023 NO BRASIL (FONTE: ADAPTADO DE GOOGLE TRENDS)	13
FIGURA 6 - INTERESSE DO TERMO “APARELHO DE SOM” DE 2004 A 2023 NO BRASIL (FONTE: ADAPTADO DE GOOGLE TRENDS)	13
FIGURA 7 - INTERESSE DO TERMO “FAX” DE 2004 A 2023 NO BRASIL (FONTE: ADAPTADO DE GOOGLE TRENDS)	14
FIGURA 8 - PROJEÇÃO DO CONSUMO AGREGADO POR EQUIPAMENTO RESISTIVO – BAIXO CRESCIMENTO (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA)	16
FIGURA 9 - PROJEÇÃO DO CONSUMO AGREGADO POR EQUIPAMENTO RESISTIVO – ALTO CRESCIMENTO (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA)	17
FIGURA 10 - PROJEÇÃO DO CONSUMO AGREGADO POR EQUIPAMENTO ELETROELETRÔNICO – BAIXO CRESCIMENTO (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA).....	18
FIGURA 11 - PROJEÇÃO DO CONSUMO AGREGADO POR EQUIPAMENTO ELETROELETRÔNICO – ALTO CRESCIMENTO (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA).....	18
FIGURA 12 - PROJEÇÃO DO CONSUMO AGREGADO POR EQUIPAMENTO MOTRIZES – BAIXO CRESCIMENTO (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA)	19
FIGURA 13 - PROJEÇÃO DO CONSUMO AGREGADO POR EQUIPAMENTO MOTRIZES – ALTO CRESCIMENTO (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA)	20
FIGURA 14 - PROJEÇÃO DO CONSUMO AGREGADO POR EQUIPAMENTO MOTRIZ/RESISTIVO – BAIXO CRESCIMENTO (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA).....	21
FIGURA 15 - PROJEÇÃO DO CONSUMO AGREGADO POR EQUIPAMENTO MOTRIZ/RESISTIVO – ALTO CRESCIMENTO (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA).....	21
FIGURA 16 - RÓTULO ECODESIGN (FONTE: ADAPTADO DE FREOR, 2021)	27
FIGURA 17 - ETIQUETA ENERGY RATING (FONTE: ENERGY RATING, 2023)	28
FIGURA 18 - SELO ENERGY STAR. (FONTE: ENERGY STAR, 2023).....	28
FIGURA 19 - PROJEÇÃO DA CURVA DE CARGA CENÁRIO BAIXA DIFUSÃO E SALTO DA EFICIÊNCIA (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA)	40
FIGURA 20 - PROJEÇÃO DA CURVA DE CARGA NO CENÁRIO ALTA DIFUSÃO E ESTAGNAÇÃO DA EFICIÊNCIA (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA)	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
FIGURA 21 - CURVA DE CARGA DOS CENÁRIOS EM 2050 (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA).....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
FIGURA 22 - TARIFA TOU- CURVA DE CARGA AGREGADA- VERÃO (FONTE: AUTORIA PRÓPRIA)	43
FIGURA 23 - TARIFA TOU- CURVA DE CARGA AGREGADA- INVERNO. (FONTE: AUTORIA PRÓPRIA)	43
FIGURA 24 - CURVA DE CARGA NOS CENÁRIOS DE ESTAGNAÇÃO E SALTO DE EE EM 2019 SEPARADA ENTRE 11 MAIORES CONSUMIDORES E 40 MENORES CONSUMIDORES (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA).	46
FIGURA 25 - PERCENTUAL CORRESPONDENTE À CARGA DOS 11 EQUIPAMENTOS DE MAIOR CONSUMO EM RELAÇÃO À TOTALIDADE DOS EQUIPAMENTOS EM 2019. (FONTE ELABORAÇÃO PRÓPRIA)	46
FIGURA 26. CURVA DE CARGA NOS CENÁRIOS DE ESTAGNAÇÃO E SALTO DE EE EM 2050 SEPARADA ENTRE 11 MAIORES CONSUMIDORES E 40 MENORES CONSUMIDORES (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA).	48
FIGURA 27 - 11 EQUIPAMENTOS DE MAIOR CONSUMO EM 2050 NO CENÁRIO DE BAIXA DIFUSÃO E SALTO DE EE E SUA PROJEÇÃO DE CONSUMO NO CENÁRIO DE ALTA DIFUSÃO E ESTAGNAÇÃO DE EE PARA O MESMO ANO (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA).	49
FIGURA 28 - CRITÉRIOS DE ANÁLISE (FONTE: AUTORIA PRÓPRIA)	50
FIGURA 29 - CENÁRIOS DE VARIAÇÃO DO CONSUMO AGREGADO ATÉ 2050 (FONTE: AUTORIA PRÓPRIA)	55





LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - PESOS DA TENDÊNCIA DOS TERMOS PESQUISADOS NO GOOGLE TRENDS (FONTE: AUTORIA PRÓPRIA)	12
TABELA 2 - EQUIPAMENTOS REGULAMENTADOS DA PPH 2019 (FONTE: AUTORIA PRÓPRIA)	22
TABELA 3 – EQUIPAMENTOS REGULAMENTADOS EM ÂMBITO INTERNACIONAL (FONTE: AUTORIA PRÓPRIA)	24
TABELA 4 - CONVERSÃO DAS RESPOSTAS EM PROBABILIDADE DE ASSOCIAÇÃO NO DIA TÍPICO (FONTE: ELABORAÇÃO PRÓPRIA).....	35
TABELA 5 - PESOS DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARA PRIORIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS (FONTE: AUTORIA PRÓPRIA)	51
TABELA 6 - CRITÉRIOS C1 (FONTE: AUTORIA PRÓPRIA)	51
TABELA 7 - PESOS POR HORÁRIO DE USO DE C2 (FONTE: AUTORIA PRÓPRIA).....	52
TABELA 8 - PESOS DO C5 (FONTE: AUTORIA PRÓPRIA).....	53
TABELA 9 - PESOS DO C6 (FONTE: AUTORIA PRÓPRIA).....	54
TABELA 10 - EQUIPAMENTOS A PRIORIZAR EM DIFERENTES CENÁRIOS (FONTE: AUTORIA PRÓPRIA).....	56



1 INTRODUÇÃO

Compreender os hábitos energéticos dos consumidores é fundamental para promover a eficiência energética e possibilita a identificação de áreas de maior consumo e o desenho de políticas e estratégias direcionadas. Esse é um dos intuitos das Pesquisas de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso, conhecidas como PPHs, realizadas pelo Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) ao longo dos últimos anos. Em 2019, foi publicada a PPH 2019 – Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial, com informações de uma amostra de consumidores desta classe e ligados, formalmente, à rede de distribuição de energia elétrica.

Nesse contexto, o presente projeto busca analisar os resultados estatísticos encontrados na PPH 2019, considerando as pesquisas realizadas e publicadas anteriormente (1998, 1997 e 2005) e, por conseguinte, tecer recomendações de políticas públicas para os equipamentos analisados e auxiliar na tomada de decisão de iniciativas e ações do setor. O projeto está dividido em um total de 6 (seis) entregáveis, organizados nos seguintes grupos: Produtos Analíticos (4), Produtos Diagramados (1) e Produto de Divulgação (1).

Os Produtos Analíticos são compostos por 4 relatórios, a saber:

- 1 Produto 1: dividido em Produto 1.a, com pesquisas anteriores a 2019 em MS SQL Server, e Produto 1.b, com relatório da análise dos resultados da PPH 2019.
- 2 Produto 2: relatório com os cenários tendenciais sobre posse de equipamentos elétricos e os impactos na demanda por energia elétrica.
- 3 **Produto 3: relatório com a identificação dos equipamentos com maior potencial de crescimento no mercado e de impacto na demanda de energia elétrica no setor residencial.**
- 4 Produto 4: relatório com subsídios à tomada de decisão para regulamentação da eficiência energética de equipamentos no âmbito da legislação brasileira.

Em Produtos Diagramados, há a entrega dos relatórios de análise citados acima já diagramados, a saber: Produto 1b, 2, 3 e 4. Por fim, o Produto de Divulgação contempla o desenvolvimento e realização de um workshop online com os principais stakeholders do mercado para apresentação dos resultados.

Este relatório (**Produto 3**) apresenta as informações relacionadas à identificação dos equipamentos com maior potencial de crescimento de mercado e seus impactos na demanda de energia elétrica, a partir dos cenários obtidos no produto anterior. Foram feitos levantamentos do uso da energia elétrica em termos sazonais, eventuais rebatimentos nas curvas de carga e quais equipamentos ainda não são regulamentados no âmbito nacional. A projeção foi feita considerando, como horizonte de tempo, o intervalo entre os anos de 2019 até 2050.

Os levantamentos acima citados (de energia elétrica em termos sazonais, eventuais rebatimentos nas curvas de carga e equipamentos que ainda não são regulamentados no âmbito nacional) foram



realizados para avaliação dos possíveis impactos destes equipamentos na demanda de energia elétrica futura. Com os resultados, é viável balizar e colaborar com a listagem de priorização da regulamentação dos equipamentos mencionados.

Todos os conhecimentos aqui adquiridos e conclusões realizadas serão essenciais para a estruturação dos próximos produtos, que contarão com a apresentação das possíveis regulamentações de eficiência energética dos equipamentos pesquisados na PPH 2019, além da avaliação do alcance das regulamentações sugeridas, os benefícios sociais e mercadológicos, juntamente dos ganhos energéticos e ambientais e avaliação dos possíveis impactos das regulamentações sugeridas.

2 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo geral deste trabalho (Produto 3) é analisar os dados coletados pela Pesquisa de Posse e Hábitos (PPH) 2019, em conjunto com os cenários propostos no produto anterior (Produto 2). Com esses dois grupos de informações, é possível realizar avaliações confiáveis e fundamentadas do impacto dos equipamentos na demanda energia elétrica.

Os equipamentos aqui analisados são aqueles **não regulamentados** pelo Inmetro no Brasil, viabilizando a indicação e sugestão de regulamentações de eficiência energética que devem ser implementadas nos próximos anos. Nesse contexto, os objetivos específicos deste relatório são:

- Identificar os equipamentos que ainda não são regulamentados no âmbito nacional;
- Identificar os equipamentos que possam ter impacto relevante na demanda de energia elétrica futura;
- Elencar, por ordem de priorização, os equipamentos para regulamentação, com base em determinadas premissas.

Para alcançar esses objetivos, o presente relatório mostra a metodologia geral e dos métodos utilizados (Capítulo 3). Em seguida, o Capítulo 4 apresenta uma divisão (por tipos) dos equipamentos. Também é feita uma análise dos cenários de crescimento da posse e consumo energético desses equipamentos para auxiliar na compreensão. O Capítulo 5 apresenta os equipamentos regulamentados no âmbito da legislação nacional e, de modo complementar e comparativo, indica a regulamentação desses mesmos equipamentos em países-chave e na Europa. Já no Capítulo 6, há uma análise prospectiva dos impactos na demanda de eletricidade em um cenário de uso dos equipamentos ainda não regulamentados. Com esses insumos, no Capítulo 7, apresenta-se uma lista de priorização dos equipamentos que deveriam iniciar o processo de regulamentação, utilizando uma análise multicritério para elencar esses equipamentos. Por fim, as conclusões são indicadas no Capítulo 8.



3 VISÃO GERAL DA METODOLOGIA/MÉTODOS

Neste capítulo, apresenta-se a metodologia geral de desenvolvimento do trabalho, bem como os métodos utilizados para algumas análises específicas. O fluxograma da

Figura 1 abaixo indica as etapas principais, os métodos utilizados, e a descrição detalhada é apresentada a seguir.

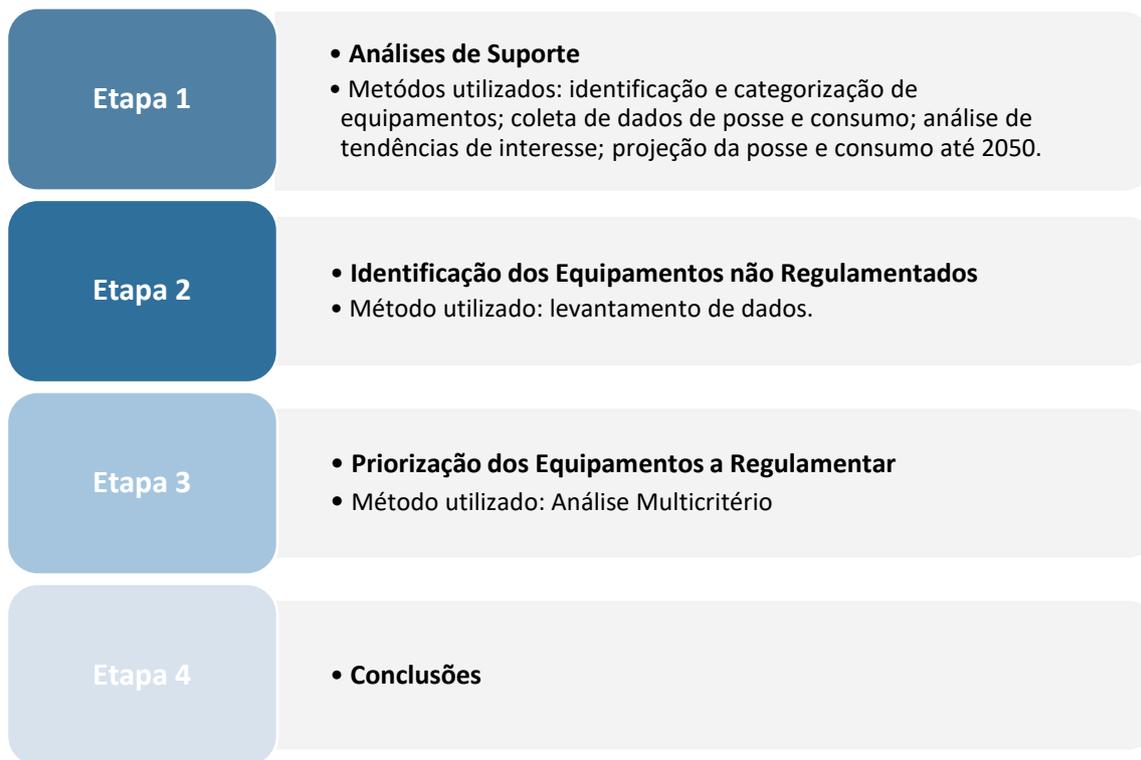


Figura 1 - Fluxograma da metodologia geral do trabalho (Fonte: Autoria Própria)

Etapa 1 – Análises de Suporte: para a análise do crescimento da posse e consumo de equipamentos elétricos que não foram abordados no produto anterior, é realizada a identificação desses equipamentos na PPH de 2019, categorizando-os com base nos princípios básicos de seu funcionamento. A coleta de dados abrange informações de posse e consumo, utilizando fontes como a PPH de 2019 e o site do Procel Info. Como muitos desses equipamentos não possuem dados de posse nas PPHs anteriores a 2019, se construiu uma análise de tendências de interesse, que foi realizada através do Google Trends, comparando padrões de busca desde 2004 e atribuindo pesos para determinar a direção da tendência. A projeção da posse até 2050 envolve a seleção de equipamentos equivalentes do Produto 2 – lâmpada fluorescente, lâmpada led, televisão, computador, máquina de lavar roupa, aquecedor de ambiente, microondas, chuveiro elétrico,





fritadeira elétrica, ar-condicionado, secadora de roupas, fogão elétrico, refrigerador, e freezer – e a aplicação de taxas de crescimento ajustadas pelo "Fator Google Trends". Finalmente, a projeção do consumo para 2050 considera a quantidade de domicílios, níveis de posse e taxas de crescimento, proporcionando uma estrutura abrangente para avaliar o crescimento e o consumo de equipamentos elétricos até o ano de 2050. As análises de suporte estão no Capítulo 4, 5 e 6.

Etapa 2 – Identificação dos Equipamentos não Regulamentados: à luz das análises realizadas, é possível identificar os equipamentos não regulamentados e tecer observações sobre os de maior destaque. Essa etapa se refere ao **Capítulo 5**.

Etapa 3 – Priorização dos Equipamentos a Regular: nesta etapa, tem-se a priorização e sugestão de, no mínimo, 5 equipamentos para regulamentação no Brasil. A priorização é feita através de uma análise multicritério, que considera e distribui pesos para 6 critérios diferentes. A ordenação dos equipamentos se encontra no **Capítulo 7**.

Etapa 4 – Conclusões: última etapa do relatório com as conclusões, recomendações e demais resultados do trabalho, além da indicação de próximos passos. Esta etapa se refere ao **Capítulo 8**.

Como pode ser visto, cada etapa possui um método específico de acordo com os respectivos objetivos e condições de contorno dos estudos, com destaque para o uso da ferramenta Google Trends e Análise Multicritério.

A utilização do Google Trends desempenha um papel significativo na metodologia proposta, fornecendo uma análise das tendências de interesse ao longo do tempo. Ao realizar pesquisas desde 2004 até o presente, esse recurso oferece insights sobre o comportamento dos usuários em relação aos equipamentos elétricos não previamente analisados. O número relativo de buscas por um equipamento não se traduz diretamente para posse, mas indica um interesse pelo equipamento avaliado, sendo razoável ter como premissa que parte desse interesse se transforma em compras, aumentando ou, minimamente, mantendo um nível de posse de um dado equipamento.

A fim de contextualizar a variação de interesse dos equipamentos, como o Google Trends apresenta apenas um número relativo de buscas, foram comparadas as tendências encontradas para cada equipamento com as do ar-condicionado, um dos dispositivos de alta utilização, reconhecido por sua curva de interesse previsível, sazonal e níveis consistentemente elevados. Essa comparação contribuiu para determinar se o interesse em relação a outros equipamentos era significativamente alto ou baixo quando comparado a esse parâmetro. A comparação dessas tendências com as do ar-condicionado estabelece uma base para determinar se o interesse em determinados equipamentos é decrescente, estagnado ou crescente.





Além disso, a atribuição de pesos aos termos pesquisados no Google Trends contribui para uma análise mais precisa, permitindo uma compreensão clara das mudanças nas preferências e demandas do público ao longo do tempo. Essa abordagem fundamentada no Google Trends fortalece a metodologia, adicionando uma dimensão temporal às projeções de posse e consumo até 2050, tornando-as mais alinhadas com as dinâmicas reais do mercado e das preferências dos consumidores.

A Análise Multicritério (ou Apoio à Decisão Multicritério) é um ramo da área de Pesquisa Operacional que aborda problemas de decisão, cuja característica principal é a existência de múltiplos critérios de decisão, sendo alguns conflitantes entre si. Além disso, em um problema de decisão desse tipo não há uma alternativa que seja a melhor em todos os critérios simultaneamente, e o objetivo é encontrar a solução que apresente o melhor compromisso em relação a todos os critérios.

De modo geral, a análise multicritério pode ser estruturada por etapas sequenciais: identificação dos decisores, definição das alternativas, definição dos critérios relevantes, determinação da importância dos critérios, avaliação de cada alternativa, análise global das alternativas etc. Os métodos multicritérios são amplamente empregados em problemas de tomada de decisão e podem ser utilizados para identificar a melhor opção, ordenar opções, listar um número de alternativas para uma subsequente avaliação detalhada, entre outras aplicações nos diversos setores e nichos.

4 ANÁLISE DE CRESCIMENTO DA POSSE E CONSUMO ENERGÉTICO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

4.1 Contextualização

No relatório 2, foram analisados os cenários do crescimento da posse e consumo energético dos seguintes equipamentos elétricos: lâmpada fluorescente, lâmpada LED, televisão, computador, máquina de lavar roupa, aquecedor de ambiente, micro-ondas, chuveiro elétrico, fritadeira elétrica, ar-condicionado, secadora de roupas, fogão elétrico, refrigerador, freezer.

A partir desse conjunto, investigou-se como esses dispositivos, sujeitos a regulamentações de eficiência energética, passaram por transformações notáveis impulsionadas por avanços tecnológicos. Nesse contexto, destacou-se a revolução das lâmpadas, com a introdução das eficientes lâmpadas LED e o gradual banimento das obsoletas incandescentes. Além disso, no Produto 2, foi explorado como os condicionadores de ar evoluíram, com níveis mínimos de eficiência em constante elevação e a ascensão da tecnologia inverter.

Ainda no Produto 2, examinou-se o impacto de crises econômicas globais e da crise econômica brasileira de 2015-2016 nas vendas e na posse desses equipamentos, enfatizando as interações complexas entre fatores macroeconômicos e o consumo energético.





Outro aspecto abordado no relatório anterior foi a influência direta da tarifa de energia nas escolhas dos consumidores. Foi detectada uma queda na tarifa de energia entre 2012 e 2013, impulsionada por incentivos governamentais, seguida por um aumento em 2015, após a retirada desses estímulos. Esse aumento no consumo de equipamentos elétricos, no início da década de 2010, apresentava uma relação com a acessibilidade da energia, evidenciando o papel fundamental das políticas tarifárias na posse de dispositivos elétricos.

Portanto, o relatório anterior reforçou a necessidade de aprimorar a eficiência dos equipamentos, tanto regulamentando novos dispositivos quanto revisando as normas para equipamentos já regulamentados, visando a aquisição de produtos mais eficientes e a melhoria dos existentes.

4.2 Desenvolvimento do Produto 3

Neste terceiro relatório, a atenção se volta para a análise de crescimento da posse e demanda e consumo energético de equipamentos elétricos que não são regulamentados, isso inclui equipamentos que não foram analisados no Produto 2. É importante compreender o panorama desses equipamentos ainda não avaliados, pois eles também representam um impacto na demanda de energia elétrica futura, principalmente quando agregados.

O processo de análise inicia-se com a identificação desses equipamentos, utilizando como fonte a Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos (PPH) de 2019. Em seguida, são agrupados de acordo com seus princípios básicos de funcionamento em categorias como resistivos, eletroeletrônicos, motrizes e motrizes/resistivos. Essa categorização se deve à compreensão de que diferentes tipos de cargas demandam abordagens específicas de eficiência energética.

Por exemplo, um forno elétrico é classificado como resistivo, pois utiliza principalmente uma resistência térmica para aquecimento. Para tornar os equipamentos resistivos mais eficientes, é fundamental focar em melhorias na conversão de energia, minimizando perdas, otimizando a dissipação de calor e maximizando a troca térmica do sistema. Ações como a adoção de tecnologias de isolamento térmico, convecção forçada e sistemas de controle de temperatura podem contribuir para a eficiência desses dispositivos.

Já os equipamentos motrizes, como o caso do liquidificador que utiliza lâminas acopladas ao eixo de um motor, podem ser aprimorados por meio da implementação de motores de alto rendimento, ou até motores elétricos com tecnologia de inversores de velocidade, quando a variação de velocidade ou o uso intermitente for um ponto importante no funcionamento.

E com relação aos dispositivos eletroeletrônicos, a eficiência pode ser melhorada através da otimização do design e da eletrônica embarcada, buscando reduzir o consumo em modo de espera e promovendo o uso de componentes de baixo consumo de energia. Por exemplo, os computadores, que utilizam



estratégias de gerenciamento de energia, como o desligamento automático em períodos de inatividade ou arquitetura que maximize a sua capacidade em relação ao consumo energético.

Após a categorização dos equipamentos, inicia-se o processo de extração dos dados de posse dos equipamentos listados na PPH de 2019. A título de exemplo, identificou-se que 11,3% dos participantes da PPH possuem forno elétrico em suas residências. Esses dados, posteriormente, são empregados para estabelecer conexões entre as taxas de posse dos equipamentos mencionados no presente relatório (P3) e aqueles do relatório anterior. É importante enfatizar que as taxas de posse de ambos os conjuntos foram obtidas da Pesquisa de Posse de Produtos de 2019.

Também são levantados os dados dos consumos médios dos equipamentos em megawatts-hora por ano por unidade (MWh/ano/unidade). Os perfis de uso são extraídos da PPH de 2019, enquanto os dados sobre a potência média por equipamento são coletados do site do Procel Info, em pesquisa feita em novembro de 2023. Porém, para equipamentos não listados no Procel Info, essa informação é obtida em sites de compra, priorizando o modelo mais vendido em dezembro de 2023 como fonte para a potência média.

A análise se estende à tendência de interesse em relação a esses equipamentos, utilizando o Google Trends. Para isso, foram realizadas pesquisas das tendências de interesse pelos equipamentos não analisados no Produto 2 desde 2004 até o presente, utilizando a plataforma Google Trends. A Figura 2 sintetiza o processo de levantamento de dados.

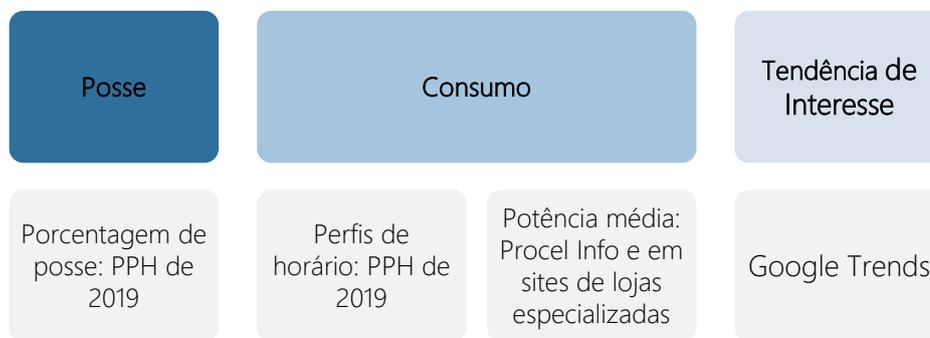


Figura 2 - Levantamento de dados de posse, consumo e projeção (Fonte: Autoria Própria)

No universo digital contemporâneo, a análise de dados proveniente de plataformas como o Google Trends facilita a compreensão das tendências de pesquisa e interesses dos usuários. No entanto, é imperativo abordar essas análises com uma visão crítica, especialmente ao avaliar a popularidade de equipamentos de forma isolada.

A análise isolada do Google Trends para avaliar a popularidade de um equipamento pode levar a interpretações equivocadas devido à natureza dos dados apresentados. O gráfico do Google Trends



exibe a popularidade de um termo ao longo do tempo em relação ao total de pesquisas realizadas no Google para esse termo específico.

É importante compreender que os valores no gráfico não refletem números absolutos do volume de pesquisa. Os dados são normalizados e representados em uma escala de 0 a 100, onde cada ponto no gráfico é dividido pelo ponto mais alto, equivalente a 100. Além disso, os números ao lado dos termos de pesquisa no topo do gráfico são somatórios, não valores absolutos.

De acordo com o Google Trends (2023), os números que representam o interesse de pesquisa são relativos ao ponto mais alto no gráfico em um determinado período. Por exemplo, um valor de 100 denota o auge de popularidade de um termo. Um valor de 50 indica que o termo alcançou metade da popularidade. Uma pontuação de 0 sinaliza que havia insuficiência de dados acerca do termo.

Ao inserir mais de um termo na pesquisa no Google Trends, é possível obter um panorama comparativo. Para exemplificar, escolhemos o termo "freezer", um dos equipamentos etiquetados e com perfil que não mascara a tendência de outros equipamentos avaliados.

Por exemplo, se analisarmos o gráfico isolado do termo "aparelho de som" no Google Trends, poderíamos erroneamente inferir um volume significativo de pesquisas, conforme é visto na Figura 3.

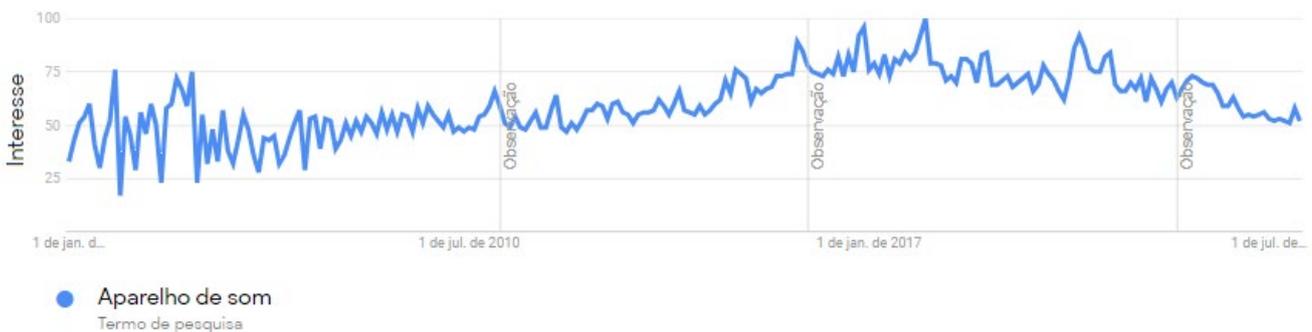


Figura 3 - Interesse apenas do termo "Forno Elétrico", de 2004 a 2023 no Brasil (Fonte: Adaptado de Google Trends)

No entanto, ao comparar os dois termos, "aparelho de som" e "freezer", percebe-se que o primeiro possui um volume de pesquisa consideravelmente baixo em comparação ao último (Figura 4). Essa abordagem comparativa proporciona uma visão mais precisa e contextualizada sobre a verdadeira popularidade de cada termo.



Interesse ao longo do tempo

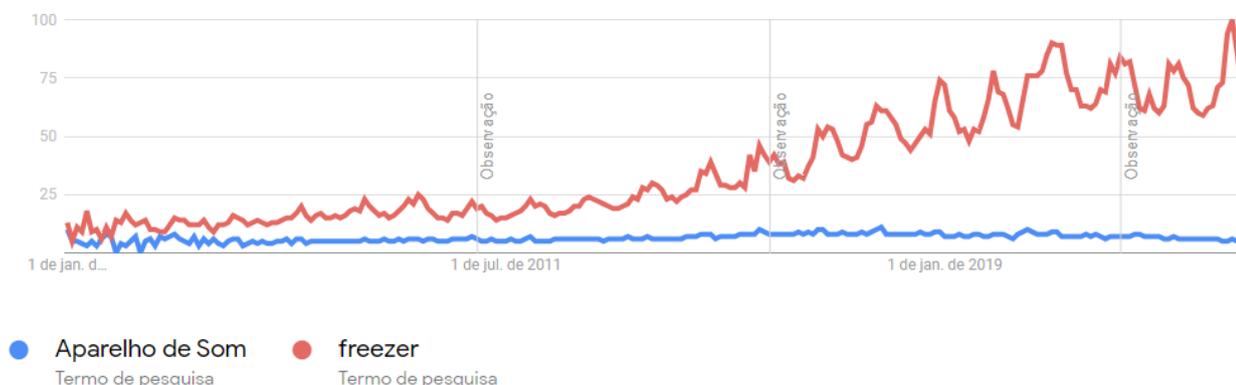


Figura 4 - Interesse do termo "Aparelho de som" em comparação ao termo "freezer", de 2004 a 2023 no Brasil (Fonte: Adaptado de Google Trends)

Essa comparação contribuiu para determinar se a tendência em relação a outros equipamentos era decrescente, estagnado ou crescente quando comparado a esse parâmetro confiável, como mostra a Tabela 1. Por exemplo, o equipamento aparelho de som é um exemplo de dispositivo com nível de interesse estagnado, como consta na Figura 6. O interesse por este equipamento tem permanecido em uma faixa muito estreita de variação ao longo do tempo, portanto o seu Fator Google Trends é igual a 1.

Tabela 1 - Pesos da tendência dos termos pesquisados no Google Trends (Fonte: Autoria Própria)

Pesos da Tendência de Interesse	
Decrescente	0,8
Estagnado	1
Crescente	1,2

Por exemplo, foi observado que o termo "Forno Elétrico" apresentou um nível de interesse crescente ao longo do tempo, conforme pode ser observado na Figura 5, dessa forma o Fator Google Trends do forno elétrico é igual a 1,2.



Interesse ao longo do tempo



Figura 5 - Interesse do termo “Forno Elétrico” de 2004 a 2023 no Brasil (Fonte: Adaptado de Google Trends)

Interesse ao longo do tempo

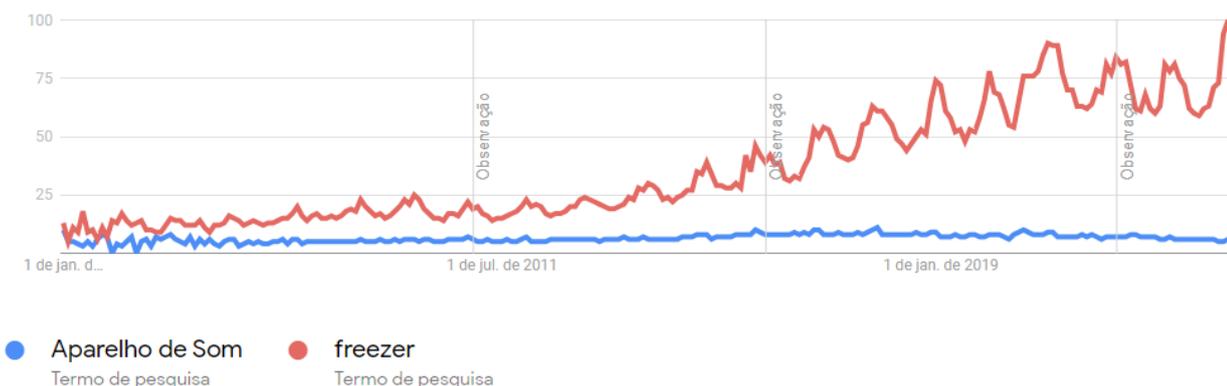


Figura 6 - Interesse do termo “Aparelho de som” de 2004 a 2023 no Brasil (Fonte: Adaptado de Google Trends)

O equipamento aparelho de som, já apresentado anteriormente, é um exemplo de dispositivo com nível de interesse estagnado, como consta na Figura 6. O interesse por este equipamento tem permanecido em uma faixa muito estreita de variação ao longo do tempo, portanto o seu Fator Google Trends é igual a 1.

O fax é um exemplo de interesse decrescente, como é visto na Figura 7. Em meados de 2004, atingiu o seu pico de popularidade, mas a partir de 2014, o seu nível de interesse entrou em um estado de estabilização em um patamar baixíssimo. Desse modo, o seu Fator Google Trends é dado em 0,8.



Interesse ao longo do tempo

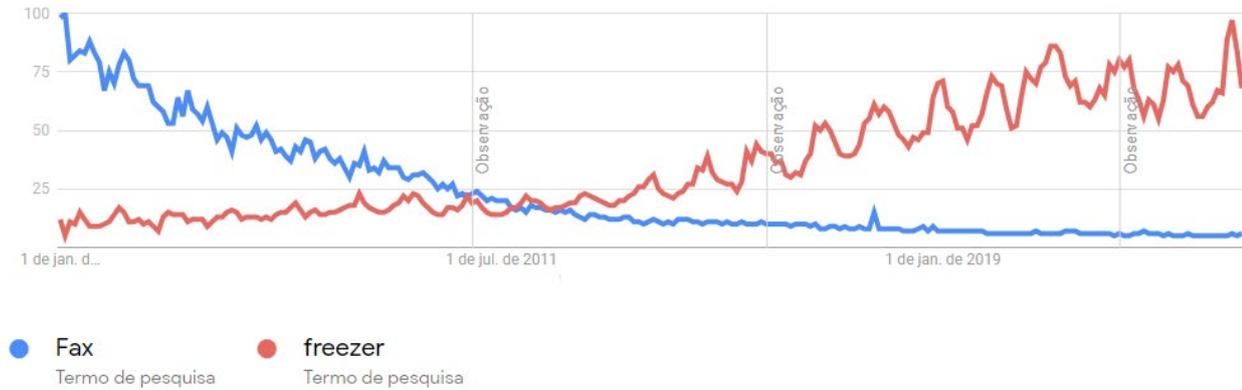


Figura 7 - Interesse do termo “Fax” de 2004 a 2023 no Brasil (Fonte: Adaptado de Google Trends)

4.3 Aplicação das informações do Google Trends

A partir das informações coletadas, dá-se início ao processo de análise para projetar a posse e consumo futuro desses equipamentos. A previsão de crescimento da posse até 2050 baseia-se na taxa de crescimento de um equipamento similar, conforme identificado no relatório anterior. Nessa seleção, destaca-se a consideração da proximidade entre os níveis de posse, limitando a diferença a no máximo 10% em comparação com o equipamento analisado no relatório anterior.

Para ilustrar, ao comparar o nível de posse do forno elétrico, conforme registrado na PPH de 2019 (11,3%), com o nível de posse do fogão elétrico (4,8%), observa-se uma diferença de 6,5%. Essa diferença é inferior ao limite estabelecido de 10%. Ressalta-se que essa comparação considera não apenas a proximidade dos níveis de posse, mas também a similaridade na finalidade de uso. Ambos os equipamentos, embora possuam diferentes níveis de posse, compartilham uma finalidade semelhante, que é fornecer calor para a preparação de alimentos.

Quando a análise revela uma ausência de proximidade nos níveis de posse entre equipamentos comparados, direciona-se a ênfase para a similaridade na finalidade de uso como critério prioritário. Essa estratégia visa garantir uma coerência com os padrões de utilização desses equipamentos, proporcionando uma análise adaptada às similaridades funcionais que podem influenciar no comportamento de posse ao longo do tempo.

Após determinar o equipamento equivalente no Produto 2, são calculadas as taxas de crescimento de 2023 até 2050, observando os cenários de baixo e alto crescimento, e elas são aplicadas aos equipamentos do Produto 3.



Seguindo com o mesmo exemplo, o fogão elétrico apresentou uma taxa de crescimento de 2023 até 2050 de 236% no cenário de baixo crescimento, e 895% no cenário de alto crescimento. Essas mesmas taxas são adotadas para o forno elétrico em ambos os cenários.

Após essa adoção, a taxa de crescimento da posse é ajustada com base no "Fator Google Trends", conforme a Equação 1. Esse fator atua como um influenciador, tornando a projeção de crescimento mais realista em relação ao interesse demonstrado nos equipamentos analisados neste relatório.

$$\text{Posse em 2050 (\%)} = \text{Posse adotada (\%)} \times \text{Fator Google Trends} \quad (\text{Eq. 1})$$

Com base nas diretrizes prévias, procede-se ao cálculo da Posse Adotada e do Fator Google Trends, cuja correlação está detalhada no Apêndice A.

Para ilustrar, destaca-se que o forno elétrico apresentou um Fator Google Trends de 1,2, acompanhado por uma taxa de crescimento adotada de 236% no cenário de crescimento moderado e 895% no cenário de crescimento elevado. Os resultados das projeções dos níveis de posse para 2050 do forno elétrico são de 283% no cenário de baixo crescimento, e 1.074% no cenário de alto crescimento.

Finalmente, procura-se estabelecer a projeção do consumo para 2050 dos equipamentos do Produto 3. Para isso, foi observada a quantidade de domicílios no Brasil em 2023, sendo igual a 79,61 milhões. Para calcular o consumo projetado em 2050, o procedimento envolve a multiplicação desse valor pela porcentagem correspondente ao nível de posse do equipamento do Produto 3, conforme indicado no relatório com base na PPH de 2019, o consumo anual estimado por unidade do equipamento e a taxa de crescimento projetada até 2050. Esse cálculo resulta no consumo em giga-hora (GWh) esperado para o ano de 2050, conforme representado na Equação 2.

$$\text{Consumo em 2050} = \text{Domicílios em 2023} \times \text{Posse PPH 2019} \times \text{Consumo (GWh/ano/unidade)} \times \text{Posse em 2050} \quad (\text{Eq. 2})$$

Por exemplo, o forno elétrico possui um nível de posse pela PPH de 2019 igual a 11,3%, o valor do seu consumo por ano por unidade é igual a 2,14 GWh, e a taxa de crescimento do nível de posse para 2050 é de 283% no cenário de baixo crescimento, e 1.074% no cenário de alto crescimento. Os resultados são que as projeções do consumo do forno elétrico em 2050 serão de aproximadamente 801 GWh/ano no cenário de baixo crescimento e 3.036 GWh/ano no cenário de alto crescimento.

O método de análise apresentado oferece uma estrutura para avaliar o crescimento e o consumo de equipamentos não considerados no relatório anterior. Através dessas etapas, o método permite a categorização de equipamentos, a coleta de dados de posse, a análise de tendências de interesse e, por fim, a projeção de posse e consumo até 2050. A integração de fontes de dados como os da PPH de 2019



e Google Trends, juntamente com a adaptação de taxas de crescimento de equipamentos similares, resulta em uma avaliação contextualizada.

Os resultados de todos os equipamentos analisados podem ser encontrados no Apêndice A.

4.4 Equipamentos Elétricos Resistivos

Nesta seção, aborda-se o crescimento relacionado à posse e ao consumo energético de equipamentos elétricos com características resistivas.

Os resultados indicam que, no cenário de baixo crescimento, os dispositivos elétricos resistivos que exercem maior impacto nos consumos agregados são o ferro elétrico a vapor (operando com vapor) e a sanduicheira elétrica (modelo grill). No cenário de baixo crescimento (Figura 8), o ferro elétrico a vapor (usando vapor), cujo fator Google Trends é igual a 1, apresenta um aumento considerável no consumo, indo de 1.050 GWh em 2023 para 1.226 GWh em 2050, e a sanduicheira elétrica (grill), que possui Fator Google Trends igual a 1,2, passa de 307 GWh para 431 GWh no mesmo período.

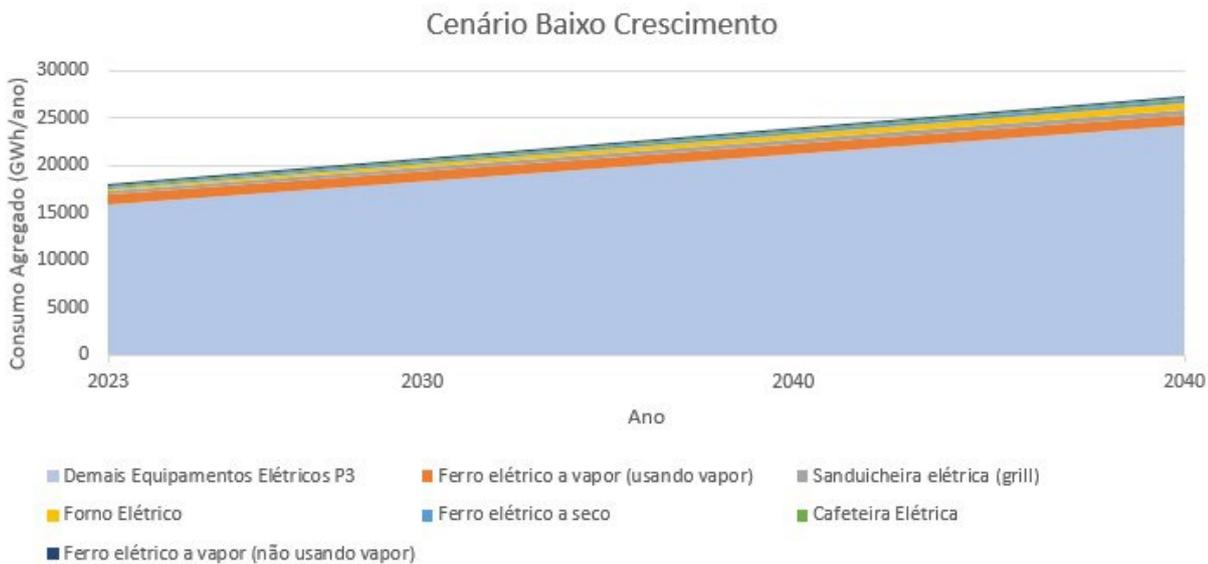


Figura 8 - Projeção do Consumo Agregado por Equipamento Resistivo – Baixo Crescimento (Fonte: Elaboração Própria)

Em relação ao cenário de crescimento acentuado, os dispositivos elétricos resistivos que mais influenciam nos consumos agregados são o forno elétrico e o ferro elétrico a vapor (utilizando vapor). No cenário de alto crescimento (Figura 9), o consumo de energia do ferro elétrico a vapor, atinge o valor de 1.883 GWh/ano em 2050. No entanto, é o forno elétrico que se destaca notavelmente nesse panorama, sendo



o seu Fator Google Trends igual a 1,2, apresenta-se um consumo de 282 GWh/ano em 2023, crescendo significativamente para 3.036 GWh/ano até o ano de 2050.



Figura 9 - Projeção do Consumo Agregado por Equipamento Resistivo – Alto Crescimento (Fonte: Elaboração Própria)

Os demais equipamentos pertencentes à mesma categoria (prancha, ferro elétrico a vapor (não usando vapor), fritadeira elétrica com óleo, máquina de solda, ebulidor e panificadora) não foram apresentados devido aos seus valores de consumo serem substancialmente inferiores em comparação aos apresentados. Os resultados desses equipamentos podem ser conferidos na planilha anexada no Apêndice A. Dessa forma, as informações completas estão disponíveis para aqueles que desejam explorar os dados de consumo de energia de todos os dispositivos dentro dessa categoria.

4.5 Equipamentos Eletroeletrônicos

No relatório anterior, a análise concentrou-se em dispositivos como computadores pessoais (desktop e notebook), micro-ondas e TVs, identificando tendências de consumo e posse. Aqui, são abordados outros equipamentos eletroeletrônicos.

Os equipamentos eletroeletrônicos que mais contribuem para os consumos agregados, tanto no cenário de baixo crescimento quanto no cenário de alto crescimento, são o roteador Wi-Fi (Fator Google Trends igual a 1) e o receptor de TV (Fator Google Trends igual a 1).

No cenário de baixo crescimento (Figura 10), o roteador Wi-Fi apresenta um aumento moderado no consumo, passando de 1.547 GWh em 2023 para 1.764 GWh em 2050, enquanto o receptor de TV registra um crescimento similar, indo de 850 GWh para 917 GWh no mesmo período.



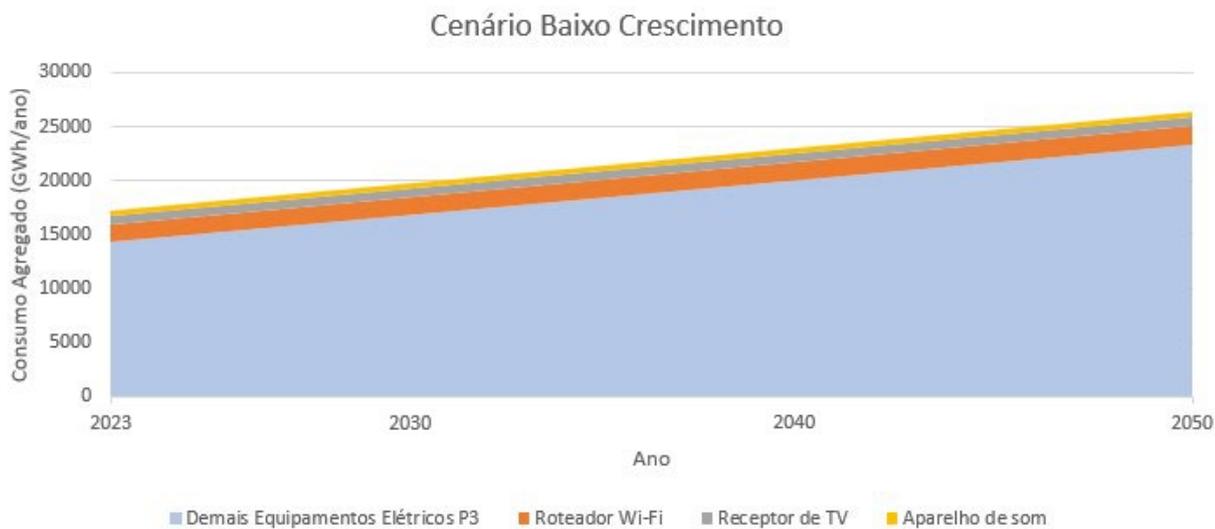


Figura 10 - Projeção do Consumo Agregado por Equipamento Eletroeletrônico – Baixo Crescimento (Fonte: Elaboração Própria)

Já no cenário de alto crescimento (Figura 11), esses dois equipamentos continuam liderando o consumo, com projeções ainda mais expressivas. O roteador Wi-Fi atinge um consumo agregado projetado de 3.747 GWh em 2050, e o receptor de TV aumenta para 1.231 GWh.



Figura 11 - Projeção do Consumo Agregado por Equipamento Eletroeletrônico – Alto Crescimento (Fonte: Elaboração Própria)



Os demais equipamentos pertencentes à mesma categoria (no break, celular, conversor digital, telefone sem fio, videogame, DVD, tablet, impressora e projetores de jardim) não foram apresentados devido aos seus valores de consumo serem substancialmente inferiores em comparação aos apresentados. Os resultados desses equipamentos podem ser conferidos na planilha anexada no Apêndice A. Dessa forma, as informações completas estão disponíveis para aqueles que desejam explorar os dados de consumo de energia de todos os dispositivos dentro dessa categoria.

4.6 Equipamentos Motrizes

A análise do crescimento de posse e consumo dos equipamentos motrizes é abordada nesta seção. Os resultados revelam que os equipamentos motrizes que mais contribuem para os consumos agregados são o circulador de ar (Fator Google Trends igual a 1) e ventilador de teto (Fator Google Trends igual a 1)

No cenário de baixo crescimento (Figura 12), o circulador de ar demonstra um aumento no consumo, indo de 7.221 GWh em 2023 para 11.823 GWh em 2050, enquanto o ventilador de teto também registra um aumento, passando de 995 GWh para 1.629 GWh no mesmo período.

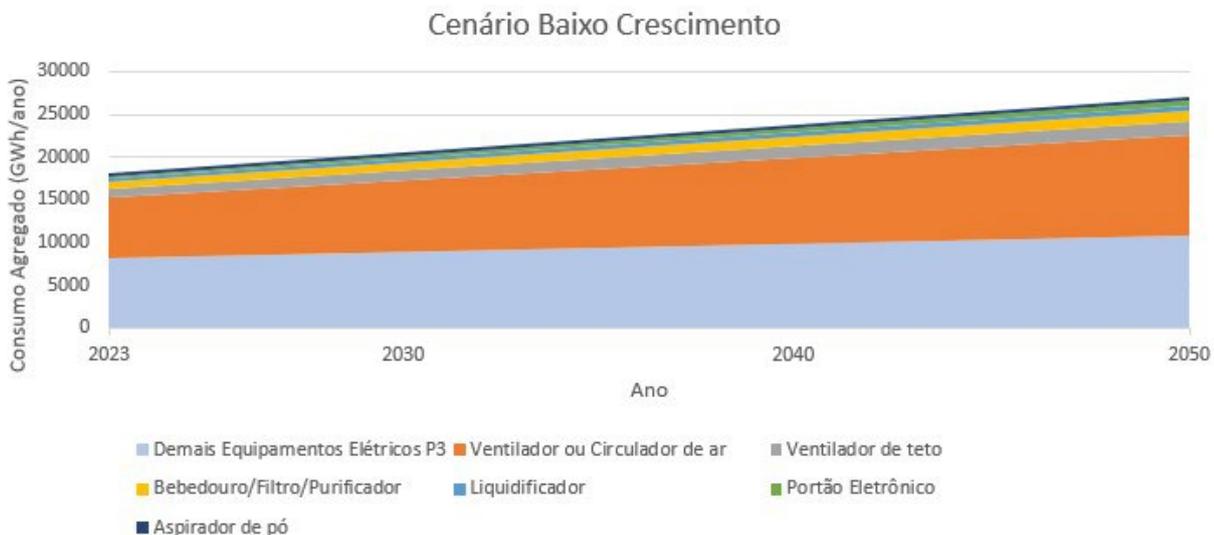


Figura 12 - Projeção do Consumo Agregado por Equipamento Motrizes – Baixo Crescimento (Fonte: Elaboração Própria)

No cenário de alto crescimento (Figura 13), esses dois equipamentos mantêm sua posição como os maiores consumidores, com projeções ainda mais significativas. O circulador de ar atinge um consumo agregado projetado de 26.563 GWh em 2050, enquanto o ventilador de teto aumenta para 3.660 GWh.



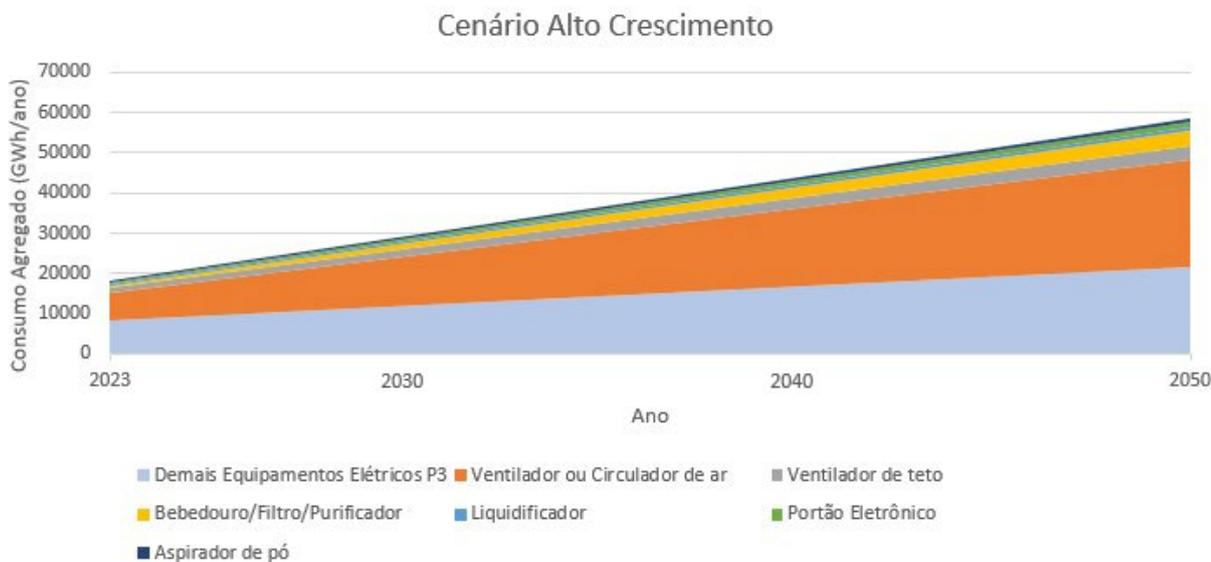


Figura 13 - Projeção do Consumo Agregado por Equipamento Motrizes – Alto Crescimento (Fonte: Elaboração Própria)

Os demais equipamentos pertencentes à mesma categoria (multiprocessador, espremedor de frutas, furadeira, enceradeira, batedeira, serra elétrica, lava jato alta pressão, adega, bomba d’água, máquina de costura, secadora de roupas centrífuga, filtro de piscina, triturador de lixo e faca elétrica) não foram apresentados devido aos seus valores de consumo serem substancialmente inferiores em comparação aos apresentados. Os resultados desses equipamentos podem ser conferidos na planilha anexada no Apêndice A. Dessa forma, as informações completas estão disponíveis para aqueles que desejam explorar os dados de consumo de energia de todos os dispositivos dentro dessa categoria.

4.7 Equipamentos Motrizes e Resistivos

No cenário de baixo crescimento (Figura 14), o secador de cabelo (Fator Google Trends igual a 1,2) exibe um aumento significativo no consumo, indo de 1.048 GWh em 2023 para 1.444 GWh em 2050, enquanto a máquina de lavar louça (Fator Google Trends igual a 1,2) também registra uma notável elevação, passando de 49 GWh para 335 GWh no mesmo período.



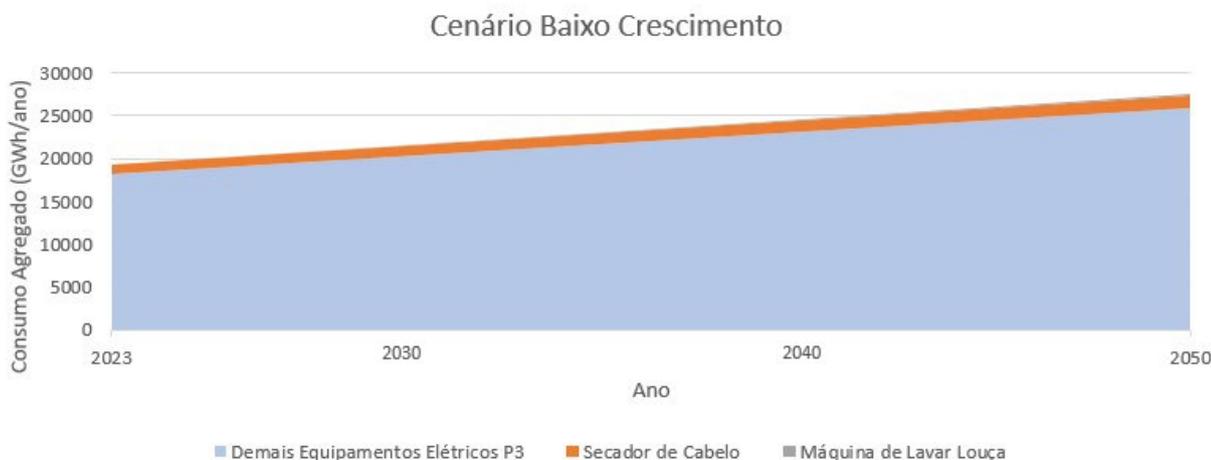


Figura 14 - Projeção do Consumo Agregado por Equipamento Motriz/Resistivo – Baixo Crescimento (Fonte: Elaboração Própria)

No cenário de alto crescimento (Figura 15), o secador de cabelo atinge uma projeção de consumo agregado de 1.932 GWh em 2050, enquanto a máquina de lavar louça aumenta para 1.135 GWh.



Figura 15 - Projeção do Consumo Agregado por Equipamento Motriz/Resistivo – Alto Crescimento (Fonte: Elaboração Própria)

5 EQUIPAMENTOS E REGULAMENTAÇÃO NACIONAL E INTERNACIONAL

Este capítulo apresenta uma lista de equipamentos e seus respectivos status de regulamentação. Para sugerir melhorias ou novas políticas públicas, é fundamental identificar e conhecer as regulações pertinentes a cada equipamento, tanto no âmbito nacional quanto no âmbito internacional (para referência e benchmarking).



Nesse contexto, os equipamentos são organizados e apresentados de forma a delimitar o escopo das análises, identificando no grupo de equipamentos presentes na PPH 2019 aqueles que possuem regulamentação no Brasil e aqueles que não possuem, e quais.

Destaca-se ainda que, nesta seção, não constam informações detalhadas sobre essas regulamentações, ou especificidades e requisitos para a aplicação de cada uma. O objetivo deste produto, e também deste capítulo, é selecionar os equipamentos relevantes e que devem ser priorizados, mediante critérios, para uma regulamentação.

5.1 Regulamentação Nacional

Na Tabela 2 são mostrados os equipamentos mencionados na Pesquisa de Posse e Hábitos (PPH) 2019. Para identificar os que são regulamentados, foram destacados aqueles que possuem ENCE, Selo Procel ou ambos.

Destacados em azul, encontram-se aqueles que possuem apenas a ENCE. Destacados em verde, aqueles que possuem ENCE e Selo Procel. E, por fim, restam-se aqueles em branco que possuem nenhum dos dois instrumentos (nem ENCE, nem Selo Procel).

Tabela 2 - Equipamentos regulamentados da PPH 2019 (Fonte: Autoria Própria)

Resistivos	Elétricos e Eletrônicos	Motrizes	Motrizes e resistivos
Chuveiro	Microondas	Máquina de lavar roupa	Aquecedor de ambiente
Chapinha (prancha alisadora)	TV	Ar-condicionado	Fritadeira elétrica sem óleo
Cafeteira Elétrica	Lâmpada	Ventilador de teto	Secadora de roupas (por aquecimento)
Sanducheira elétrica (grill)	Modem para internet com função Roteador Wi-Fi (aparelho fornecido pela operadora no momento em que se contrata um plano de internet por assinatura)	Ventilador ou Circulador de ar	Secador de cabelo
Panela elétrica	Roteador sem Fio (WI-FI) (aparelho de propriedade do morador, ou seja, que não pertence à operadora de internet)	Refrigerador	Máquina de lavar louças





Resistivos	Elétricos e Eletrônicos	Motrizes	Motrizes e resistivos
Panificadora (máquina de pão)	Receptor de TV por assinatura	Freezer	-
Forno elétrico	Conversor digital externo para TV aberta (aparelho que converte o sinal analógico em digital e conta com o auxílio da antena UHF)	Bebedouro / purificador / filtro	-
Ferro elétrico a vapor (não usando vapor)	Receptor digital (aparelho que está associado diretamente à antenas parabólicas)	Adega	-
Máquina de solda	Fogão elétrico (Cooktop elétrico)	Liquidificador	-
Ebulidor	Notebook	Multiprocessador	-
Fritadeira elétrica com óleo	Telefone sem fio	Batedeira	-
Ferro elétrico a seco	Fax	Espremedor de frutas	-
Ferro elétrico a vapor (usando vapor)	No Break	Enceradeira	-
-	Celular	Aspirador de pó	-
-	Videogame	Serra elétrica	-
-	Tablet	Furadeira	-
-	Computador	Portão Eletrônico	-
-	Projetores (Iluminação de jardim)	Lava jato alta pressão (máquina)	-
-	DVD/Vídeo/Blu-Ray	Secadora de roupas centrífuga	-
-	Impressora	Triturador de lixo	-
-	Aparelho de som/ rádio (ligados na tomada quanto utilizados, desconsiderar rádios que funcionam somente com pilhas)	Faca elétrica	-





Resistivos	Elétricos e Eletrônicos	Motrizes	Motrizes e resistivos
-	-	Filtro de Piscina	-
-	-	Bomba d'água	-
-	-	Máquina de costura	-

Vale ressaltar a diferença entre o Selo Procel e a ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia). De modo geral, e de acordo com o INMETRO (2021), a ENCE informa a eficiência energética do produto e os classifica em faixas de eficiência (A para o mais eficiente e G para o menos eficiente). Já o Selo Procel reconhece o produto mais eficiente em uma determinada categoria, em geral, aqueles classificados como “A” na ENCE. Desse modo, subentende-se que os equipamentos que possuem o Selo Procel também já possuem a ENCE.

Outro ponto de destaque está na falta de equipamentos com características predominantemente resistivas com o Selo Procel, e esses equipamentos apresentam alto consumo energético, sendo também positiva a adoção do Selo em equipamentos do tipo.

5.2 Regulamentação Internacional

A Tabela 3 elenca os equipamentos que não são regulamentados no Brasil (sem ENCE e sem Selo Procel), apresentados em branco na tabela anterior. Nesse sentido, foi realizada uma busca dentre esses equipamentos para saber se há regulamentação internacional para algum desses equipamentos.

A existência de regulamentação internacional pode auxiliar e servir de referência para a regulamentação brasileira de um equipamento. Foram selecionados países-chave e regiões com regulamentações sólidas em equipamentos, são eles: Austrália, Estados Unidos e na União Europeia. A Tabela 3 apresenta os respectivos equipamentos e quais são as regulamentações ou programas encontrados. De modo complementar, também são citadas outras regulamentações que podem ser usadas como exemplo para os equipamentos em questão, na última coluna.

Tabela 3 – Equipamentos regulamentados em âmbito internacional (Fonte: Autoria Própria)

Equipamento	Ecodesign	Energy Rating	Energy Star	Outras regulamentações
Máquina de Solda	X			
Cafeteira Elétrica			X	EEDAL 2022
Panificadora	X		X	





Equipamento	Ecodesign	Energy Rating	Energy Star	Outras regulamentações
Forno Elétrico	X			Mineral Resources & Energy - Republic of South Africa
Videogame	X			
Computador	X	X		
Fogão Elétrico	X			
Aspirador de pó	X			
Aquecedor de ambiente	X	X	X	
Aquecedor de Água	X	X	X	
Máquina de lavar louças	X	X	X	
Receptor de TV	X	X	X	
Receptor Digital	X	X	X	
Telefone sem fio	X			
Celular	X			
Tablet	X		X	
Impressora			X	
Secadora de Roupas (por aquecimento)	X	X	X	





No âmbito internacional, há equipamentos de diversas categorias regulamentados. Por essa razão, foi realizado um benchmarking com as regulamentações existentes na União Europeia (Ecodesign), na Austrália (Energy Rating) e nos Estados Unidos (Energy Star) para entender como é o funcionamento desses regulamentos e se é possível adaptá-los para o Brasil.

Além disso, se durante as pesquisas uma regulamentação de outro país ou zona econômica foi identificada, ela também foi apontada, mas não houve uma pesquisa exaustiva de regulamentações além das previamente apontadas. União Europeia e Estados Unidos são referências em regulamentações de equipamentos e demais iniciativas relacionadas à eficiência energética, e por isso são considerados.

Já a Austrália possui um clima semelhante ao do Brasil, sendo interessante investigar similaridades, como, por exemplo, equipamentos e demais informações legais no campo da conservação de energia que são abordados no país.

Um ponto de destaque é a existência de regulamentação voltada para máquinas de lavar louça, secadoras de roupa, receptores digitais e receptores de TV nos Estados Unidos, Austrália e na Europa. Em contrapartida, no Brasil ainda não existe regulamentação para estes equipamentos, o que pode ser atribuído ao custo de compra destes eletrodomésticos. Consequentemente, estes não são tão acessíveis e populares nas residências do país e, portanto, podem não ter se apresentado como prioridade para regulamentação até o momento.

De modo geral, o chuveiro elétrico não é muito utilizado na Europa, Estados Unidos e Austrália, sendo comum o uso de aquecimento a gás (boiler, aquecedor de passagem). Tal característica é climática, visto que em países com temperaturas mais baixas seria necessário utilizar equipamentos com potência elevada para aquecer a água que chega demasiadamente fria aos locais de consumo. Por essa razão, esses equipamentos se encontram nas categorias de aquecedores de água (*water heaters*) ou aquecimento de água (*water heating*).

No registro Europeu de Produtos para a Etiquetagem Energética (EPREL – *European Product Registry for Energy Labelling*), é possível encontrar mais de 8 mil modelos de aquecedores etiquetados. No mercado australiano, cujo clima do país é similar ao brasileiro, há mais modelos de aquecedores de água e eles são agrupados em dois tipos: (i) boiler - sistemas de armazenamento, que utilizam um tanque isolado para manter a água aquecida e usá-la quando necessário; e (ii) aquecedor de passagem - sistemas de fluxo contínuo (instantâneo), que aquecem a água somente quando ela for usada, sem o uso de um tanque de armazenamento. Os aquecedores com armazenamento podem ser a gás, elétricos, solares e com bombas de calor. Os de fluxo contínuo podem ser a gás ou elétricos. Os produtos registrados podem ser encontrados no *Energy Rating Registration Database*, sob a gerência do *Greenhouse & Energy Minimum Standards Regulator*, cujo papel se aproxima ao do Inmetro no Brasil. Nos Estados Unidos, também ocorre a certificação de aquecedores de água que usam gás, energia solar ou elétrica. Ao todo, 504 aquecedores possuem o selo Energy Star e são comercializados nos Estados Unidos.



5.2.1 Ecodesign e Energy Labelling na União Europeia

De modo geral, o Ecodesign contempla uma regulamentação que busca atender a demanda mundial por produtos mais eficientes, almejando a redução no consumo de energia e outros recursos naturais. Nesse sentido, o Ecodesign determina padrões e requisitos mínimos de eficiência energética dos produtos, eliminando aqueles com baixo desempenho do mercado, atualizando os parâmetros de desempenho sempre que necessário, de acordo com as novas tecnologias de equipamentos disponíveis e dando suporte à competitividade industrial e inovação e contribuindo, conseqüentemente, para o alcance de metas relacionadas ao clima. Em 2022, The European Commission (Comissão Europeia) publicou uma nova regulação para o Ecodesign voltada para os produtos sustentáveis, visando aprimorar aspectos ambientais e a circularidade dos produtos. Com base nos critérios indicados no Ecodesign, a etiqueta Energy Labelling estabelece as métricas de eficiência energética em uma escala de A a G, como mostra a Figura 16.

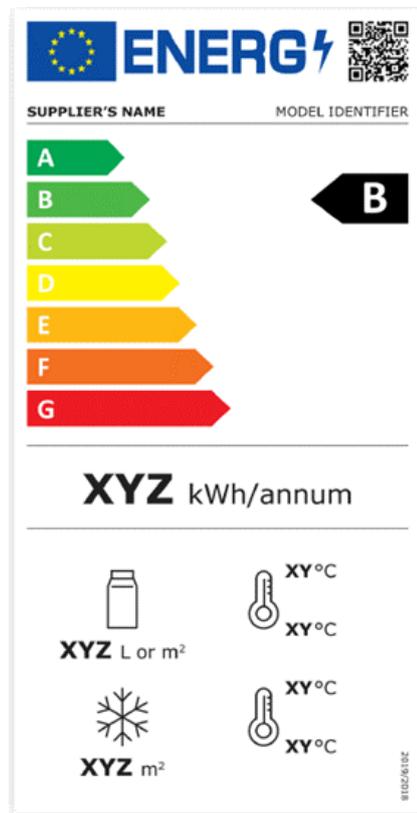


Figura 16 - Rótulo Ecodesign (fonte: Adaptado de Freor, 2021)

5.2.2 Energy Rating na Austrália

O Energy Rating é regulado pelo governo australiano e possui mais de 30 anos. Em suma, utiliza-se a etiqueta (Energy Rating Label) para comparar a eficiência energética e os custos de operação de diferentes equipamentos e dispositivos, dentro de suas categorias. De modo similar à ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia), a Energy Rating Label (Figura 17) auxilia os consumidores a adquirirem equipamentos mais eficientes, provendo duas informações: o consumo de energia, em kWh



por ano, e uma escala de 1 a 6 estrelas, que indicam o quão eficiente o produto é comparado aos seus pares.

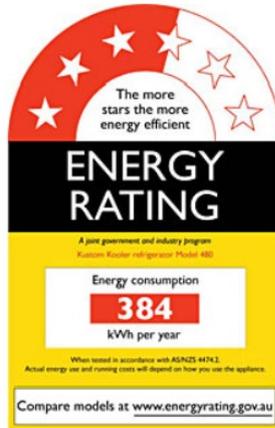


Figura 17 - Etiqueta Energy Rating (Fonte: Energy Rating, 2023)

5.2.3 Energy Star nos Estados Unidos

Por fim, o Energy Star foi um programa lançado pela Agência de Proteção Ambiental (EPA - Environmental Protection Agency) dos Estados Unidos, em 1992. De caráter voluntário, o programa consiste na determinação de especificações de eficiência energética, definindo assim a elegibilidade do desempenho dos equipamentos, e aqueles que cumprem essas especificações podem utilizar a etiqueta azul do programa Figura 18. A certificação é feita em produtos, casas, prédios ou plantas de manufatura. Destaca-se o papel das parcerias feitas no programa, que fomentam a eficiência energética e fortalecem o setor, que conta com indústrias, comércios, concessionárias de distribuição de eletricidade, governo e organizações locais. Para cada \$1 gasto pela EPA na administração do programa, esses parceiros adicionam \$230 de seus próprios investimentos, mantendo as certificações dos produtos e outras iniciativas de fomento à eficiência energética.



Figura 18 - Selo Energy Star. (Fonte: Energy Star, 2023)



5.3 Análises dos Equipamentos e Regulamentações

A partir da Tabela 3 identifica-se que há uma gama de equipamentos não regulamentados no Brasil que já possuem regulamentações em outros países, e que podem ser adaptadas para o Brasil. Isso não só é importante para garantir que os consumidores tenham acesso a equipamentos que impactarão menos em seu orçamento mensal, ao reduzir seu custo com energia, quanto evita que o Brasil receba equipamentos obsoletos e que não podem ser vendidos em mercados com regulamentações mais rígidas.

São analisados, nesta seção, os principais equipamentos sistematizados em grupos. Como citado anteriormente, o objetivo deste trabalho não é analisar, de modo profundo ou comparativo, as regulamentações, sobretudo internacionais, os processos ou mecanismos de funcionamento de cada equipamento, mas iniciar, de forma embasada, a priorização dos equipamentos passíveis de regulamentação.

5.3.1 Equipamentos Elétricos e Eletrônicos

As cafeteiras elétricas possuem regulação vigente apenas para o Energy Star e EEDAL (Conferência Internacional de Eficiência Energética para Aparelhos Domésticos). Observando o cenário brasileiro, a demanda residencial deste equipamento tende a aumentar, devido a uma maior popularização deste equipamento no cenário residencial e comercial e ao surgimento de cafeterias nos centros urbanos. A regulamentação considera cafeteiras com tanques bem isolados e modos de economia de energia, que incluem funções programáveis de desligamento automático (função que desliga a placa de aquecimento).

Para os fornos e fogões elétricos, ambos já são regulamentados pela Ecodesign, existindo uma possibilidade de serem regulamentados no Brasil nos próximos anos dado à tendência de crescimento da demanda residencial para estes equipamentos em função de precisarem de um menor espaço para a instalação, que condiz com o tamanho das residências que também vêm diminuindo nos últimos anos. Vale ressaltar que os fornos elétricos também já são regulamentados pela *Mineral Resources & Energy - Republic of South Africa*, que abrange a eficiência energética do equipamento, sendo bem parecida com o Selo Procel no Brasil.

Já os computadores são etiquetados pela Ecodesign e pela Energy Rating, enquanto videogames são regulamentados apenas na Europa de forma voluntária, apesar da sua popularidade ao redor do mundo. A regulamentação dos computadores e videogames seguem padrões de eficiência mínima, uso da bateria e resistência do produto já que são aparelhos com grande semelhança. Ambos os eletroeletrônicos possuem uma tendência de aumento do consumo nas residências brasileiras graças a evolução dos equipamentos e popularização deles.

Em relação aos telefones sem fio, ainda não há regulamentação em todos os países analisados, encontrando-se apenas na regulação vigente na Europa - Ecodesign - onde o produto é regulado juntamente com outros equipamentos como smartphones e tablets. Olhando o cenário brasileiro, a demanda residencial deste equipamento tende a diminuir em função da grande aderência ao uso de aparelhos celulares para comunicação, causando incerteza em relação ao desenvolvimento de uma



regulamentação para o aparelho, mas não descartando sua importância, tendo em vista ser amplamente utilizado em outros setores, como em empresas públicas e privadas, e comércio em geral. Em relação ao celular, dentre os locais pesquisados eles são regulamentados apenas na Europa, apesar da grande demanda de uso do equipamento em todo o mundo. Os tablets são regulamentados na Europa e Estados Unidos, e seguem os mesmos padrões determinados para computadores e videogames.

5.3.2 Equipamentos Resistivos

A Ecodesign possui regulamentação para máquinas de solda, equipamento resistivo ainda não regulamentado no Brasil e nos outros países analisados. Na regulamentação da Ecodesign, são considerados os seguintes aspectos:

- Consumo de energia na fase de utilização, inclusive quando inativo.
- Eficiência dos recursos (matérias-primas do equipamento).

Por se tratar de um equipamento que possui maior demanda fora do setor residencial, sendo amplamente utilizado em fábricas e oficinas, por exemplo, é provável que a regulamentação do equipamento no Brasil não cause um impacto de diminuição da demanda de energia elétrica residencial.

5.3.3 Equipamentos Motrizes

Na Europa, a Ecodesign também regulamenta os aspiradores de pó, inclusive os aspiradores robôs, que têm tido um grande aumento de demanda no mercado brasileiro. A regulamentação abrange a eficiência energética, desempenho (incluindo o modo stand-by) e as informações do produto.

Os requisitos de concepção ecológica abrangem:

- eficiência energética
- desempenho
- informação do produto

Já em relação ao modo de *stand-by* ou desligado eles são obrigados a mudar para um modo de baixo consumo de energia (como *stand-by*) após um período de tempo razoável e não devem consumir mais de 0,5 Watts

5.3.4 Equipamentos Motrizes-resistivos

Os aquecedores de ambiente são equipamentos elétricos que possuem maior aderência de uso em regiões não tropicais, como na Europa e nos Estados Unidos. Porém, o equipamento também já foi regulamentado na Austrália, que tem clima tropical como o Brasil. Internacionalmente, as regulamentações focam em equipamentos que utilizam outros combustíveis, em detrimento da eletricidade, para gerar calor. No Energy Rating, segundo o Governo Australiano (2021), aquecedores de ambientes por resistência elétrica são os únicos que não possuem MEPS. Os aquecedores de ambiente





são equipamentos com pouca difusão, mas presente em determinados locais do Brasil, como a região sul e sudoeste¹, e seu uso é sazonal.

O aquecimento ambiental também pode ser alcançado por sistema de condicionamento de ar com ciclo reverso. O Energy Star utiliza o indicador *Heating Seasonal Performance Ratio* (HSPR) para avaliar o desempenho energético de equipamentos como as bombas de calor (sistema de funcionamento equivalente ao dos condicionadores de ar, mas que geram calor para os usuários). Hoje a etiqueta de condicionadores de ar apresenta resultados apenas em temperaturas elevadas, demonstrando que a eficiência de aquecimento de condicionadores de ar com ciclo reverso não é levada em consideração.

Por fim, conclui-se que o critério para a regulamentação dos eletrodomésticos brasileiros tendeu a ser pautado em aparelhos de alto consumo e grande presença nas residências. Este cenário pode se manter para os próximos anos e, para uma avaliação dos equipamentos que de fato estão presentes nas residências e seu impacto no consumo energético, pesquisas como a PPH são cruciais. Esse tipo de pesquisa fornece os insumos para a construção de políticas públicas baseadas em dados e que geram impacto positivo para a população brasileira.

6 ANÁLISE DOS IMPACTOS NA DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA ESPERADA PELOS USOS DOS EQUIPAMENTOS AINDA NÃO REGULAMENTADOS, INDIVIDUALMENTE, NO HORIZONTE DE 2019 A 2050

Para entender como a curva de carga de cada equipamento irá impactar na demanda energética dos próximos anos e priorizar aqueles com maior impacto, foi realizada um estudo a respeito da **potência elétrica média em Watts** equipamento mencionado na PPH.

A primeira etapa consistiu na de cada coleta de dados equipamentos do **site do PROCEL**², no qual diversos equipamentos foram listados, incluindo alguns que ainda não possuem Selo Procel, e tiveram suas potências médias retiradas diretamente desta fonte. Para equipamentos que não constavam na lista do PROCEL, a coleta dos valores de potência de cada equipamento foi realizada a partir de uma lista disponível no **site da EFLUL**³. A pesquisa em ambas as fontes foi feita em novembro de 2023.

Apesar de ambos os sites já cobrirem uma extensa lista de equipamentos industriais e residenciais, havia alguns eletrodomésticos que não estavam registrados em nenhuma das listas mencionadas, logo para

¹ Segundo a PPH, em 2019 esse equipamento estava presente em 2,4% das residências na região sul e em 0,5% na sudeste, sendo que nas outras regiões elas estavam presente em no máximo 0,1% das residências

² <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?ViewID=%7BE6BC2A5F%2DE787%2D48AF%2DB485%2D439862B17000%7D¶ms=itemID=%7B96998AFB%2D8C12%2D466E%2DB38A%2DCFDE3FA44715%7D;&UIPartUID=%7BD90F22DB%2D05D4%2D4644%2DA8F2%2DFAD4803C8898%7D>.

³ <https://www.eflul.com.br/consumidores/tabela-de-consumo>



encontrar sua potência elétrica média foi necessário a pesquisa em múltiplas fontes, a depender do equipamento em questão.

Alguns equipamentos que foram pesquisados segunda esta metodologia são: adega de vinhos, bebedouro e secadora de roupas centrífuga. Algumas fontes pesquisadas foram:

- Sites de Compras: na seção de especificações do equipamento no site de compra, a potência foi consultada. Para garantir a precisão, também foi verificado o tipo mais vendido daquele equipamento no site de compra antes de consultar a potência;
- Sites de Avaliação de Equipamentos: para equipamentos que não tiveram suas potências informadas nos sites de compra, foram consultados em sites que avaliam os melhores equipamentos no mercado.

6.1 Metodologia

O método selecionado para a estimativa da curva de carga agregada até o ano de 2050 empregou, em linhas gerais, uma abordagem *bottom-up*, utilizando como fatores de base as respostas aos questionários da última PPH, do ano de 2019.

Mais especificamente, foram usadas as respostas para dois tipos de perguntas:

- i) as relacionadas aos horários de uso de cada um dos eletrodomésticos selecionados para a análise; e
- ii) as relacionadas à frequência de uso dos eletrodomésticos selecionados.

As duas subseções a seguir apresentam o método, que envolveu a organização e o processamento dos dados da PPH, aplicado para cada amostra de consumidores, para cada equipamento e para cada região do país.

6.1.1 Horários de uso

A primeira série de perguntas visa aprofundar o entendimento sobre os hábitos de uso dos eletrodomésticos ao longo do dia. Por meio dessas perguntas, é possível identificar os horários específicos em que cada aparelho é mais frequentemente utilizado. Por exemplo, se alguém utiliza a máquina de lavar roupa pela manhã e à noite, esses momentos específicos serão marcados nas respostas. Essa abordagem não distingue entre dias úteis e fins de semana, pois os padrões de uso podem ser semelhantes em ambos os casos, proporcionando uma visão mais abrangente dos padrões de consumo.

Ao responder corretamente a essas perguntas, é possível criar uma representação visual chamada "curva de carga" para cada eletrodoméstico. Essa curva mostra graficamente os momentos ao longo do dia em que cada equipamento consome energia. Os horários marcados representam os períodos de uso ativo



do aparelho, enquanto os não marcados indicam períodos de inatividade, nos quais o consumo de energia é mínimo ou inexistente.

É importante ressaltar que a quantidade de energia consumida pelos equipamentos varia de acordo com o cenário selecionado. Existem quatro cenários possíveis, cada um com suas características distintas. Em dois desses cenários, a eficiência energética permanece constante ao longo do tempo, enquanto nos outros dois, há uma melhoria na eficiência, resultando em um consumo reduzido de energia para realizar as mesmas tarefas. Essa diferenciação nos cenários influencia diretamente na quantidade total de energia utilizada pelos equipamentos ao longo do período analisado.

A Equação 3 apresenta como a carga de cada hora da curva de carga da unidade consumidora individual é calculada.

Carga individual do Equip. Y na hora h = Potência Típica do Equipamento, se a hora foi marcada, zero caso contrário. (Eq. 3)

A análise combinada das respostas de um grupo amostral específico para cada equipamento da PPH permite a extrapolação e a síntese de uma curva de carga representativa da amostra. Essa curva é formada pela soma dos horários de uso associados, multiplicada pela demanda típica do eletrodoméstico.

Ao considerar as diversas respostas dentro do grupo amostral, é possível eliminar a natureza binária que resultaria da análise de apenas um único respondente. Isso confere às curvas de carga um aspecto mais típico e representativo do comportamento de uso dos equipamentos.

A Equação 4 apresenta como é calculada a carga de cada hora para a curva de carga agregada da amostra.

$$\text{Carga do Equip. Y da amostra na hora h} = \sum_{c=0}^{c=n} \text{carga da hora h do UC c} \quad (\text{Eq. 4})$$

Para facilitar a síntese da curva de carga considerando vários equipamentos, dado que o número de respondentes pode variar para cada um, é necessário realizar um procedimento chamado normalização.

A normalização é um processo de ajuste das amostras para representar o equivalente a 100 unidades consumidoras. Por exemplo, após essa normalização, horários em que houve 50 respostas de utilização indicam que metade dos consumidores daquele eletrodoméstico o utiliza naqueles momentos.

Esse processo de normalização é fundamental para construir a curva de carga agregada, que engloba todos os eletrodomésticos em análise e representa o uso típico de 100 unidades consumidoras. Essa curva é obtida somando as curvas individuais de cada equipamento normalizadas.



A Equação 3 apresenta o tratamento para cada hora da curva de carga no processo de normalização para 100 unidades consumidoras.

$$\begin{aligned}
 & \textit{Carga normalizada do Equip. Y na hora h} && \text{(Eq. 5)} \\
 & = \frac{100}{\textit{número de UCs da amostra}} * \textit{carga da amostra na hora h}
 \end{aligned}$$

Na ausência de dados dos horários de uso, optou-se pela aplicação de uma curva de carga típica sintética que foi construída a partir da colaboração dos especialistas envolvidos no trabalho ao sugerirem tempos de uso típico com base em suas experiências.

Optou-se pela realização desta avaliação internamente e não pela utilização de um método como o Delphi, com um grupo extenso de especialistas pela necessidade de agilidade na estruturação dos resultados, mas é fortemente recomendado que em próximas PPH haja o questionamento de tempo de uso para todos os equipamentos, se possível separando entre uso durante “dias úteis” e em “feriados e finais de semana”.

6.1.2 Frequência de uso

O segundo tipo de pergunta presente da PPH visa entender com que frequência os consumidores utilizam cada equipamento, permitindo assim estimar uma "frequência típica". A relevância dessa frequência está ligada ao fato de que a curva de carga agregada, que representa o uso médio de energia ao longo do tempo, não considera o uso de todos os equipamentos por todos os consumidores.

Equipamentos com alta frequência de uso têm uma maior probabilidade de serem utilizados por mais de um consumidor simultaneamente. Por outro lado, equipamentos usados de forma mais esporádica reduzem essa probabilidade de uso simultâneo.

A frequência age como um fator de atenuação na curva de carga agregada formada pela combinação das curvas típicas individuais. Por exemplo, uma frequência típica de 10% dos dias indica que, em média, um consumidor tem apenas 10% de chance de usar aquele equipamento em um determinado dia. Em outras palavras, apenas 10% das unidades consumidoras usam o equipamento em um dia típico, o que significa que a curva de carga deve ser reduzida em 90%. Isso ocorre porque a frequência indica a probabilidade de um equipamento estar em uso em um momento específico, influenciando diretamente na intensidade da curva de carga agregada.

Como as respostas às perguntas quanto à frequência de uso não permitiam uma resposta numérica, mas apenas a seleção de uma das alternativas, houve uma conversão das respostas, conforme apresentado na Tabela 4 abaixo.



Tabela 4 - Conversão das Respostas em Probabilidade de Associação no Dia Típico (Fonte: Elaboração Própria).

Resposta	Probabilidade de Uso no Dia Típico
Intensa - de 6 a 7 vezes por semana	92,0%
Grande - de 4 a 5 vezes por semana	64,0%
Média - de 2 a 3 vezes por semana	35,0%
Pequena - uma vez por semana	14,0%
Mínima - uma vez a cada 15 dias	7,0%
Raramente - uma vez por mês	3,5%
Não utiliza - fica desligado	0,0%

Com base na probabilidade de uso no dia típico foi estimada então a curva de carga da amostra, balizada pela frequência de cada equipamento.

Na ausência de respostas para os equipamentos, o tratamento realizado dependeu da presença de respostas para outras regiões. Em casos afirmativos, foram usadas a média das frequências das demais regiões do país. Em casos negativos, foram usadas frequências de equipamentos similares ou que atendiam a funções similares.

A Equação 6 apresenta a curva de carga atenuada pela probabilidade de uso no dia típico.



Carga do Equip. X da amostra na hora h (Eq.6)

$$= \sum_{c=0}^{c=n} \text{carga da hora } h \text{ do UC } c * \text{probabilidade de uso}$$

6.1.3 Formação da curva de carga de cada região

Para sintetizar a curva de carga de cada equipamento em cada região, foram realizados dois procedimentos fundamentais:

i) Determinação do nível de posse de cada equipamento para o ano da curva de carga: neste procedimento, é necessário identificar quantos equipamentos de cada tipo estão em posse dos consumidores em um determinado ano e em cada região. Esses dados de posse são cruciais para compreender a quantidade de unidades consumidoras que possuem cada equipamento.

ii) Cálculo do fator de escala para dimensionamento da curva de carga de cada equipamento para o total da posse: aqui, é calculado um fator de escala que permite ajustar a curva de carga de cada equipamento para representar o total da posse desse equipamento na região. Esse cálculo é essencial para garantir que a curva de carga esteja em conformidade com a quantidade total de equipamentos em uso na região.

A realização desses dois procedimentos possibilita a obtenção da curva de carga de cada equipamento para cada região em um ano específico.

Os dados de posse são obtidos a partir do Produto 2 e do procedimento descrito no Capítulo 4 do relatório. Esses dados determinam quantas unidades consumidoras possuem cada tipo de equipamento em um determinado ano e em cada região.

É importante notar que os níveis de posse podem variar dependendo do cenário selecionado. Existem quatro cenários possíveis, sendo que dois deles têm uma posse maior e os outros dois têm uma posse menor.

Dado que as curvas de carga foram estimadas para amostras normalizadas de 100 unidades consumidoras, é necessário dimensioná-las de acordo com um fator de escala. Esse fator de escala é calculado para ajustar as curvas de carga ao tamanho total da posse de cada equipamento na região, dado pela Equação 7:

$$\text{Fator de Escala do Equip. X na região Y} = \text{Posse na região Y} / 100 \quad (\text{Eq.7})$$



Por fim, para obter a curva de carga do equipamento X na região Y multiplica-se a curva de carga normalizada pelo fator de escala. A curva de carga final da região, que engloba todos os equipamentos, é então obtida pela soma das curvas de carga de cada equipamento.

6.1.4 Cenários com tarifas horárias *Time of Use*

A análise das curvas de carga também considerou como a curva de carga se comportaria na presença de tarifas *Time of Use* (ToU). Essas tarifas são caracterizadas por possuírem variação de nível ao longo do tempo, dentro do mesmo dia.

Usualmente, as tarifas ToU estabelecem diferentes postos tarifários, que são conjuntos de horas durante o dia em que os preços da energia são uniformes dentro desse intervalo, mas diferentes de outros postos tarifários. Um exemplo conhecido é a Tarifa Branca, adotada no Brasil, composta por três postos tarifários: ponta, fora de ponta e intermediário.

Neste trabalho, dado o nível de incertezas, optou-se por estudar o impacto de uma tarifa ToU com apenas dois postos tarifários, ponta e fora da ponta, com aplicação integral para todas as unidades consumidoras, não sendo ela facultativa, como é o caso da Tarifa Branca. O posto de ponta é determinado como o horário entre as 18 e 21 horas.

O método empregado para estimar esse impacto na curva de carga passa pela aplicação do conceito de elasticidade-preço da demanda. A elasticidade-preço da demanda é um parâmetro, que pode ser estimado quantitativamente por meio de regressões econométricas, e indica o grau de variação relativa da demanda dado um determinado grau de variação relativo do preço desse bem.

No presente contexto, ela foi aplicada para estimar a redução do consumo no horário de ponta, dado um aumento da tarifa desse período. Como hipótese simplificadora, esse consumo reduzido foi distribuído uniformemente entre as demais horas do dia.

A Equação 8 apresenta, matematicamente, o conceito de elasticidade-preço da demanda.

$$\textit{Elasticidade Preço da Demanda} = \frac{\textit{Variação (\%) da Demanda}}{\textit{Variação (\%) do Preço}} \quad (\text{Eq.8})$$

A elasticidade utilizada como referência foi obtida a partir de um estudo realizado pelo IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) em 2021. Esse estudo estimou que a elasticidade da demanda de energia é de -0,38% para consumidores de baixa renda e de -0,0455% para consumidores de renda média. Na presente análise, optou-se por uma elasticidade de -0,09%.



A elasticidade-preço da demanda indica o quanto a demanda de energia é afetada por variações no preço (ou tarifa) da energia elétrica. Por exemplo, uma elasticidade de -0,09% significa que, em média, a demanda de energia diminuirá 0,09% em resposta a um aumento de 1% no preço da energia.

No que diz respeito à definição das tarifas de energia para os períodos de ponta e fora de ponta, foi estabelecida uma relação de 2 entre elas. Isso significa que a tarifa cobrada no período de ponta é o dobro da tarifa aplicada no período fora de ponta. No entanto, é importante ressaltar que essa relação de 2 não indica que a tarifa de ponta seja necessariamente o dobro da tarifa atualmente praticada.

Para entender como um aumento percentual na tarifa de ponta afetaria a demanda de energia e aplicar o conceito de elasticidade-preço da demanda, é crucial compreender e quantificar esse efeito. Isso nos permite prever de que forma as mudanças nas tarifas impactarão o comportamento de consumo de energia dos consumidores, possibilitando a tomada de decisões mais informadas em relação às políticas tarifárias.

A Equação 9 apresenta, em linhas gerais, o procedimento de cálculo da tarifa convencional para um dado nível de Receita Requerida da distribuidora e um para um dado mercado (consumo do período).

$$\textit{Tarifa Convencional} = \frac{\textit{Receita Requerida}}{\textit{Mercado de Referência}} \quad (\text{Eq.9})$$

Por outro lado, a tarifa ToU deve satisfazer a seguinte Equação 10:

$$\textit{Receita Requerida} = T_p * M_p + T_{fp} * M_{fp} \quad (\text{Eq.10})$$

Onde,

T_p = Tarifa na ponta

T_{fp} = Tarifa fora da ponta

M_p = Mercado no horário de ponta

M_{fp} = Mercado no horário de fora da ponta

A Equação 10 conduz diretamente à Equação 11:

$$\textit{Tarifa de Ponta} = \frac{\textit{Receita Requerida}}{M_p + M_{fp} * r} \quad (\text{Eq.11})$$

Onde,

r = relação ponta-fora da ponta



Nesse sentido, o aumento percentual da tarifa, quando passando da convencional para a tarifa de ponta, é dado, finalmente, pela Equação 12:

$$\text{Aumento Percentual} = \frac{\frac{1}{M_p + M_{fp} * r}}{\frac{1}{M_p + M_{fp}}} \quad (\text{Eq.12})$$

O aumento obtido pela aplicação da Equação 12 à curva de carga agregada é influenciado pelo cenário considerado, já que o mercado de referência e a segmentação entre os períodos de ponta e fora de ponta variam para cada cenário.

Por exemplo, no cenário do ano de 2019, em que nenhum dos fatores de variação de posse ou nível de eficiência está presente, a aplicação da relação entre os períodos de ponta e fora de ponta de 2 resulta em um aumento de aproximadamente 16% na tarifa para o período de ponta em comparação com a tarifa convencional. Isso significa que, durante o período de ponta, os consumidores enfrentariam um aumento significativo no preço da energia elétrica.

Considerando a elasticidade da demanda de -0,09%, o aumento na tarifa durante o horário de ponta implicaria em uma redução esperada de 1,43% na demanda durante esse período. Em outras palavras, os consumidores tendem a reduzir seu consumo de energia durante o período de ponta, em resposta ao aumento do preço da energia elétrica nesse período. Essa redução na demanda é uma medida importante para o gerenciamento do consumo de energia e para evitar sobrecargas no sistema elétrico durante os horários de pico.

6.2 Análise das curvas de carga

A dinâmica em constante evolução da tecnologia e a introdução contínua de novos dispositivos têm o potencial de causar mudanças significativas na demanda energética. Este estudo visa explorar esses impactos ao longo de um horizonte temporal que se estende de 2019 a 2050, fornecendo um período para a formulação de políticas e estratégias de gestão energética.

O objetivo fundamental desta análise é projetar como a curva de carga associada aos equipamentos não regulamentados irá se desenvolver ao longo desse período. Essa projeção servirá de base para intervenções regulatórias e estratégias de gestão de carga que buscam garantir a estabilidade, eficiência e sustentabilidade do sistema elétrico até 2050. Antecipar e compreender esses impactos é essencial para moldar um futuro energético mais resiliente e alinhado com os princípios da sustentabilidade.

Dentro do escopo desta análise, foram construídas curvas de carga para o cenário base, utilizando dados de demanda de energia elétrica observados em 2019. Além disso, foram realizadas projeções específicas para os anos 2030, 2040 e 2050, utilizando uma metodologia detalhada descrita anteriormente. Essas



projeções consideram uma variedade de cenários possíveis, incluindo diferentes níveis de adoção de equipamentos e eficiência energética. Ao analisar esses cenários, pode-se obter uma compreensão mais clara das tendências futuras e das medidas necessárias para enfrentar os desafios energéticos que surgirão.

Esses cenários são delineados para avaliar o impacto potencial nos padrões de consumo de eletricidade ao longo do horizonte temporal estabelecido.

- a) Baixa Difusão e Estagnação da Eficiência: um crescimento moderado, influenciado pela baixa adesão e pela falta de melhorias substanciais na eficiência;
- b) Baixa Difusão e Salto da Eficiência: crescimento mais contido, uma vez que a eficiência aprimorada compensa parcialmente o impacto da menor difusão dos equipamentos;
- c) Alta Difusão e Estagnação da Eficiência: maior difusão dos equipamentos, mas com uma eficiência relativamente estagnada;
- d) Alta Difusão e Salto da Eficiência: difusão generalizada dos equipamentos, combinada a avanços significativos na eficiência energética ao longo do tempo.

Neste relatório, são apresentadas as curvas de carga referentes aos cenários de **Baixa Difusão e Salto da Eficiência** (Figura 19) e **Alta Difusão e Estagnação da Eficiência** (Figura 20) para os horizontes temporais de 2030, 2040 e 2050, estabelecendo uma análise comparativa com o ano de 2019. Estes cenários representam os extremos das projeções de curva de carga, permitindo uma compreensão das potenciais variações nos padrões de consumo elétrico ao longo do tempo.

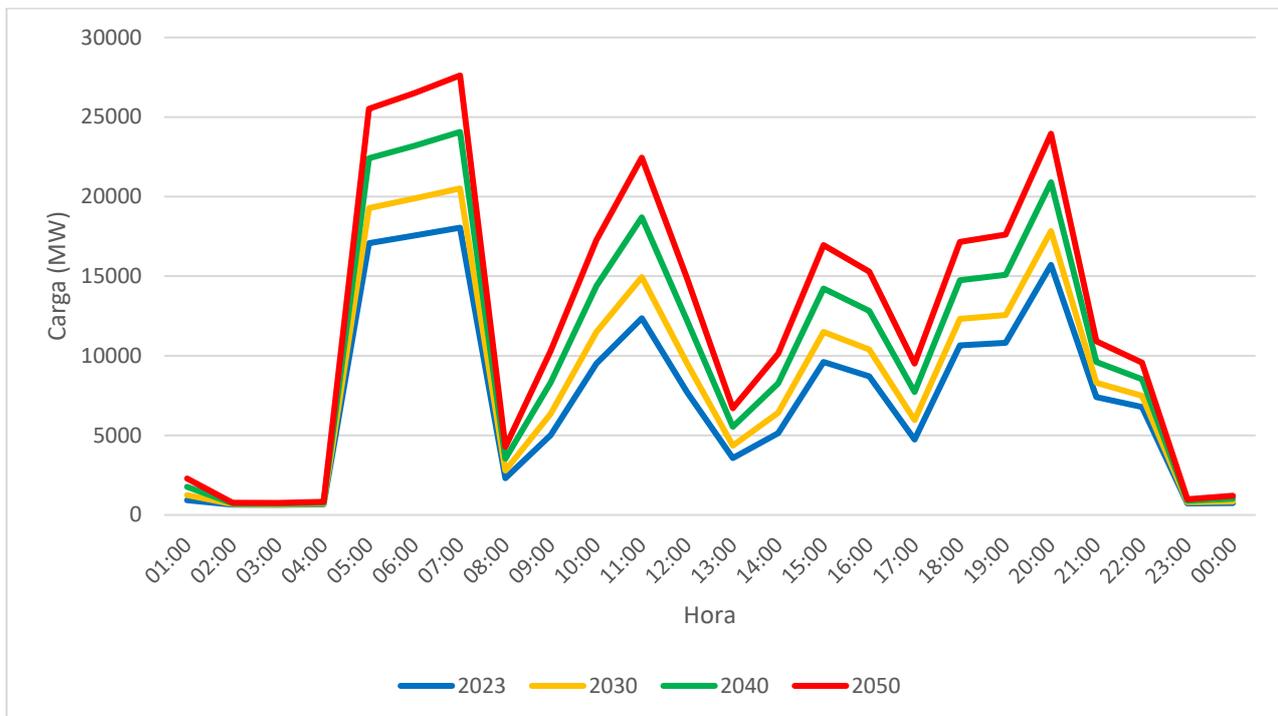


Figura 19 - Projeção da curva de carga Cenário Baixa Difusão e Salto da Eficiência (Fonte: Elaboração Própria)



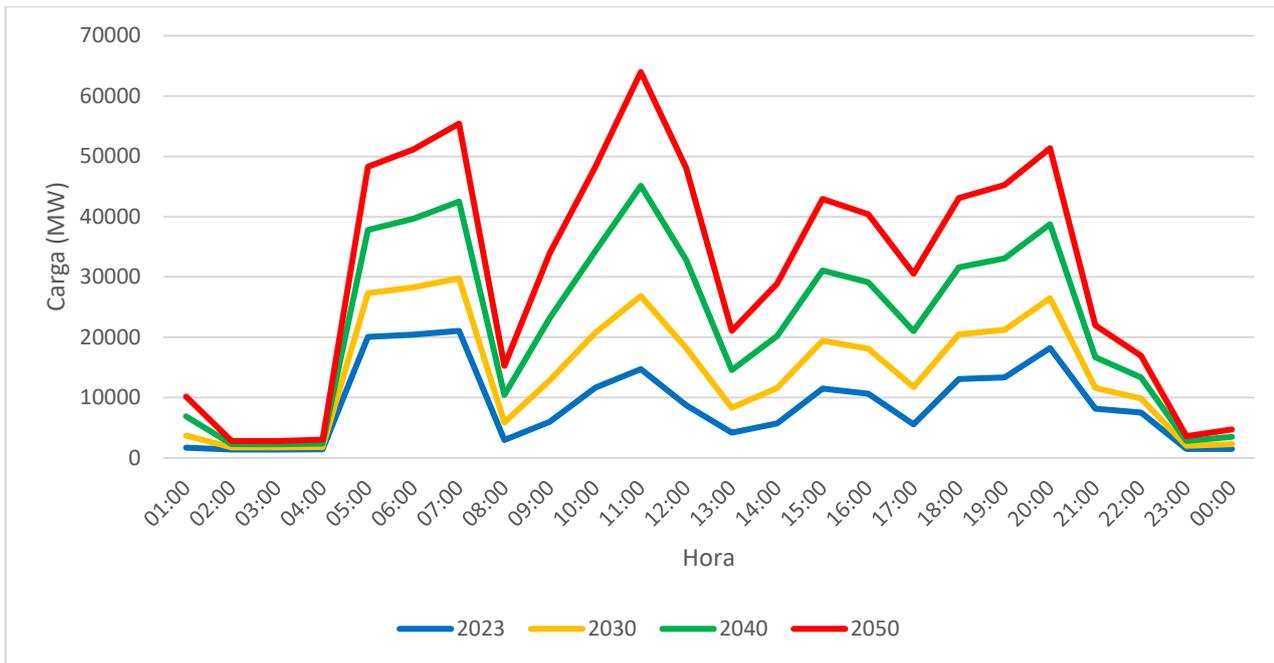


Figura 20 - Projeção da curva de carga no Cenário Alta Difusão e Estagnação da Eficiência (Fonte: Elaboração Própria)

No contexto de Baixa Difusão e Salto na Eficiência Energética, a análise da curva de carga evidencia que os picos de consumo elétrico ocorrem das 6 às 7 horas da manhã, às 11 horas e às 20 horas da noite. Esses momentos coincidem com a presença dos usuários em casa antes de irem para o trabalho, e durante o horário do almoço, e quando termina o expediente. No cenário projetado para 2040, verifica-se um aumento nos picos de carga às 07:00. Em 2050, a curva de carga atinge seus valores máximos em todos os horários.

Com relação às projeções da curva de carga para o cenário de Alta Difusão e Estagnação da Eficiência, observa-se que, em comparação ao cenário 2019, os picos de demanda de carga em 2030 progridem em todos os horários. No cenário de 2040, nota-se um novo acréscimo nas demandas de pico, sugerindo uma contínua expansão no uso desses equipamentos. Contudo, em 2050, há uma variação considerável nos horários de pico, com uma notável diminuição às 20:00, indicando uma possível mudança nos padrões de consumo associada a avanços na eficiência energética ou a medidas de gestão da demanda.

Na Figura 21, observa-se a representação gráfica da curva de carga exclusivamente para o ano de 2050, destacando os dois cenários: Baixa Difusão e Salto na Eficiência Energética, bem como Alta Difusão e Estagnação da Eficiência. É visto um notável aumento no pico de consumo elétrico durante o horário do almoço. Este fenômeno indica uma mudança significativa nos padrões de uso de aparelhos durante esse período específico, sugerindo possíveis implicações na distribuição e eficiência do consumo elétrico ao longo do dia.



A comparação entre os dois cenários destaca a importância de considerar não apenas a difusão tecnológica, mas também a eficiência energética na formulação de estratégias para o gerenciamento sustentável da demanda elétrica.

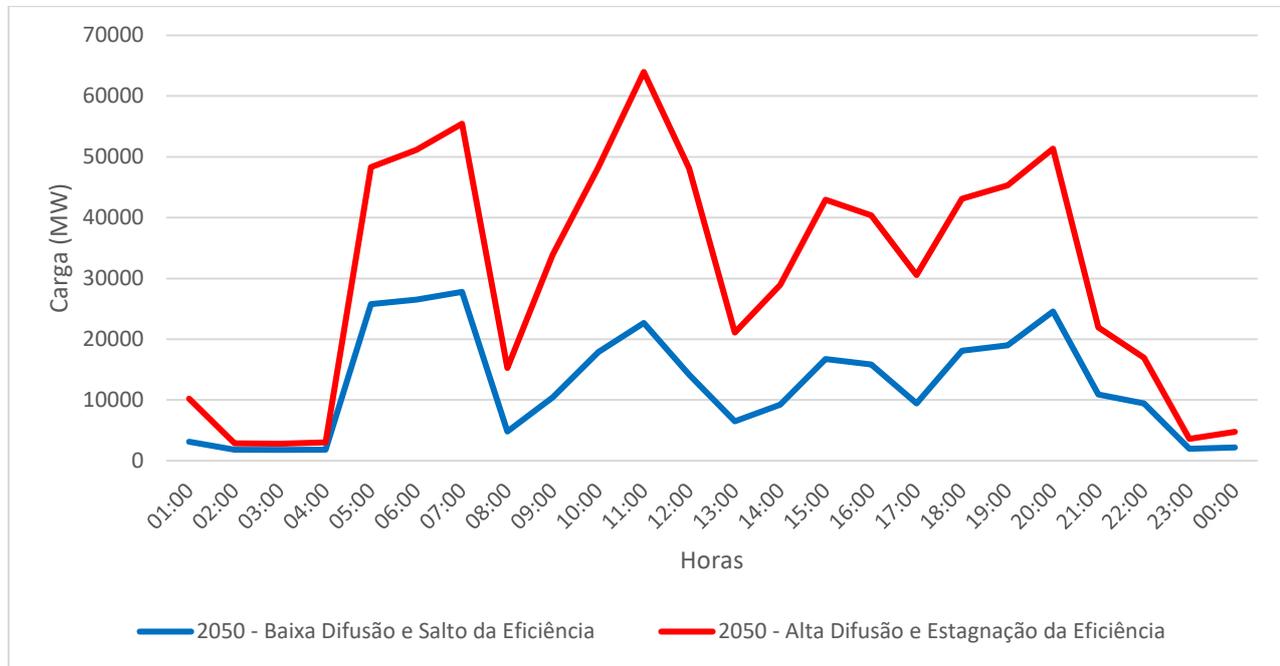


Figura 21 - Curva de Carga dos Cenários em 2050 (Fonte: Elaboração Própria)

Além disso, foram analisados os impactos da sazonalidade e da inserção de tarifas horárias (Figura 22 e Figura 23). É possível perceber pela análise que, para equipamentos não regulamentados, há um aumento na curva de carga média no inverno, principalmente devido ao uso de aquecedores e chuveiros em temperaturas mais altas. Importante destacar que caso fosse analisada a curva de carga completa, com os equipamentos de ar-condicionado (não avaliados aqui por serem regulados), a curva de carga teria seus picos no verão. Além disso, também é possível avaliar, a partir das projeções, que uma tarifa ToU teria um impacto marginal na ponta em 2050. Como pode ser visto nas Figura 22 e Figura 23 a seguir:



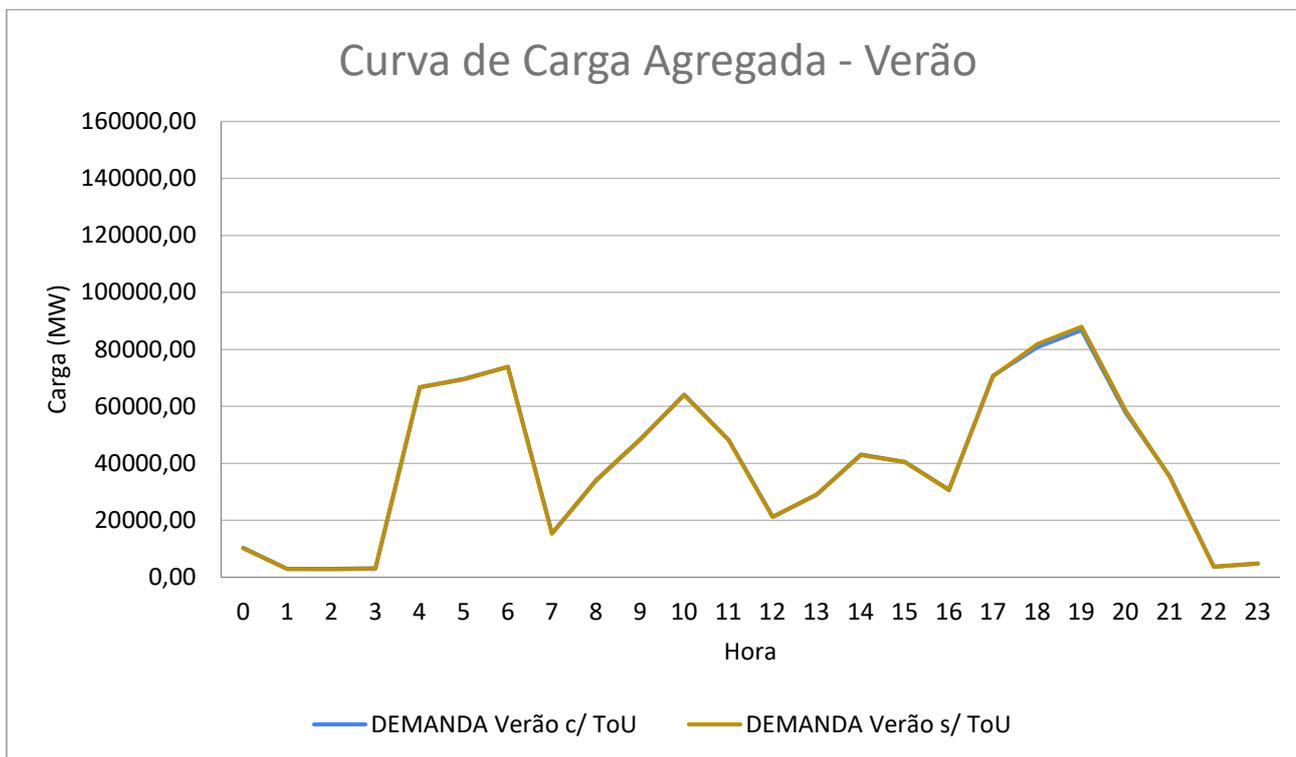


Figura 22 - Tarifa ToU- Curva de carga agregada- Verão (Fonte: Autoria própria)

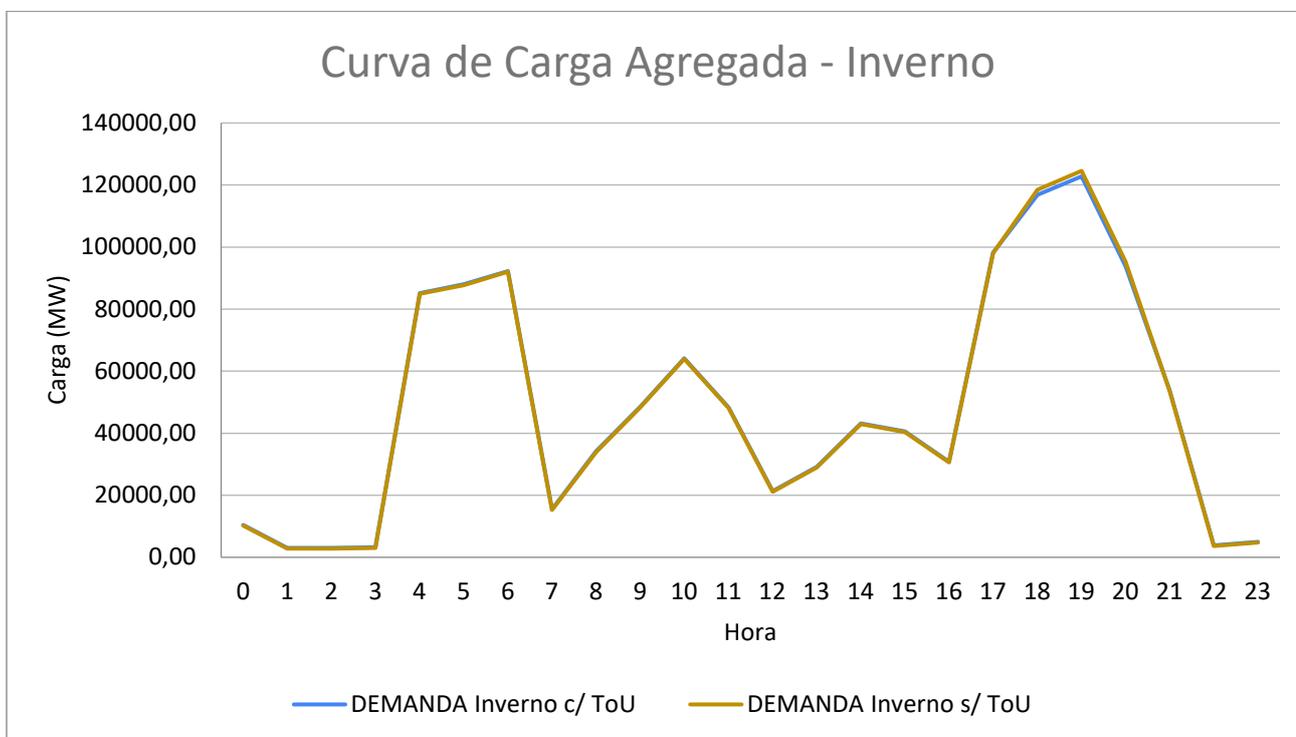


Figura 23 - Tarifa ToU- Curva de carga agregada- Inverno. (Fonte: Autoria própria)



Dado o impacto marginal na ponta da tarifa ToU considerando as premissas deste relatório, a análise dela não foi estendida para os anos de 2030 e 2040. Entretanto, como descrito na metodologia, por não ser escopo deste projeto, foi utilizada uma abordagem simplificada, sendo que a análise de tarifas ToU se feitas com um foco e aprofundamento maior, podem apresentar resultados mais significativos.

6.3 Equipamentos com maior impacto

A seguir, são apresentados gráficos que exibem a curva de carga dos equipamentos incluídos neste estudo, separados de acordo com o total de consumo diário. A divisão entre os maiores e menores consumidores é determinada com base no Princípio de Pareto, o qual estipula que 80% dos efeitos são causados por 20% das causas (Asana, 2022). Adaptando esse princípio ao contexto deste projeto, identificamos o grupo de equipamentos cuja soma do consumo diário, conforme indicado pela curva de carga, representa 80% do consumo total.

Essa análise é particularmente útil para entender quais equipamentos têm o maior impacto no consumo de energia. Observa-se que, em geral, um número relativamente pequeno de equipamentos é responsável pela maior parte do consumo. No caso deste estudo, verifica-se que 11 dos 51 equipamentos analisados representam 80% do consumo total.

Essa informação é valiosa para o planejamento e implementação de estratégias de eficiência energética, uma vez que permite identificar os equipamentos que mais contribuem para o consumo e, portanto, onde os esforços de otimização podem ser mais eficazes. Além disso, ao comparar os resultados para os cenários de 2019 e 2050, pode-se ter uma visão mais abrangente das mudanças ao longo do tempo e como elas podem influenciar o consumo de energia.

Esses equipamentos são: Liquidificador, fogão elétrico, espremedor de frutas, fritadeira elétrica sem óleo, cafeteira elétrica, sanduicheira grill, forno elétrico, secador de cabelo, aspirador de pó, furadeira, bomba d'água.

Continuando a análise dos cenários extremos da curva de carga - cenários de Baixa Difusão dos Equipamentos e Salto da Eficiência e Alta Difusão dos Equipamentos e Estagnação da Eficiência - é importante observar mais detalhes sobre como ocorrem as variações no consumo ao longo do dia.

Para o ano de 2019 (Figura 24), é evidente que os 11 equipamentos de maior impacto na curva de carga apresentam um consumo significativamente mais alto durante todo o dia, com uma diferença ainda mais acentuada nos horários de pico. Isso sugere que esses equipamentos são fundamentais para determinar a demanda total de energia ao longo do dia.





No entanto, há uma mudança interessante nos padrões de consumo durante o período noturno, entre as 23h e as 04h, onde os 11 maiores consumidores passam a consumir menos em relação aos outros 30 equipamentos.

Essa inversão no consumo pode ser explicada pelo fato de que os maiores consumidores se referem a equipamentos relacionados a atividades diárias que, de maneira geral, não são realizadas durante esse período, como alguns equipamentos de cozinha.

Assim, se sobressai o consumo dos demais equipamentos durante essa janela de tempo, onde o consumo principal advém, além dos equipamentos que funcionam durante todas as horas do dia, de outro como celular (em carregamento) e o aquecedor de ambientes.

Essa proporção entre o consumo dos maiores e menores consumidores em 2019 pode ser observada pela Figura 25, onde valores menores que 50% indicam que os 11 maiores consumidores consomem menos que os 40 restantes. Na maior parte do dia essa proporção é superior a 55%.

Nos horários de pico, a proporção entre o consumo dos maiores e menores consumidores atinge cerca de 80%, chegando a aproximadamente 90% durante a manhã e no final da noite. Esses picos de consumo estão diretamente ligados ao uso intensificado de equipamentos durante as atividades cotidianas da população, especialmente durante a rotina matinal e noturna. Isso inclui uma variedade de dispositivos utilizados para cuidados pessoais e preparação de alimentos, como secadores de cabelo, cafeteiras, fogões e liquidificadores. Como resultado, é durante esses horários que observamos um aumento significativo na utilização desses equipamentos, o que contribui para o aumento da demanda de energia elétrica.

Nota-se também que as curvas na Figura 25 ficam próximas, indicando que não há diferença entre o percentual de impactos dos equipamentos de maior consumo na curva de carga.



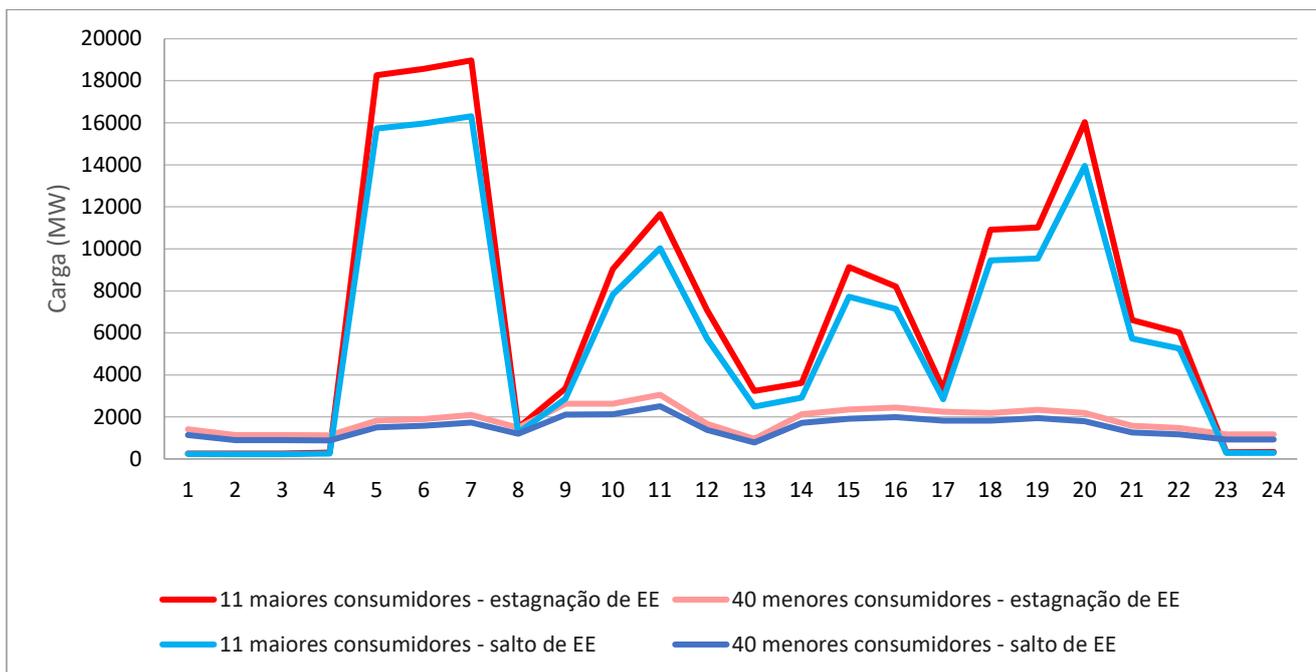


Figura 24 - Curva de carga nos cenários de estagnação e salto de EE em 2019 separada entre 11 maiores consumidores e 40 menores consumidores (Fonte: Elaboração Própria).

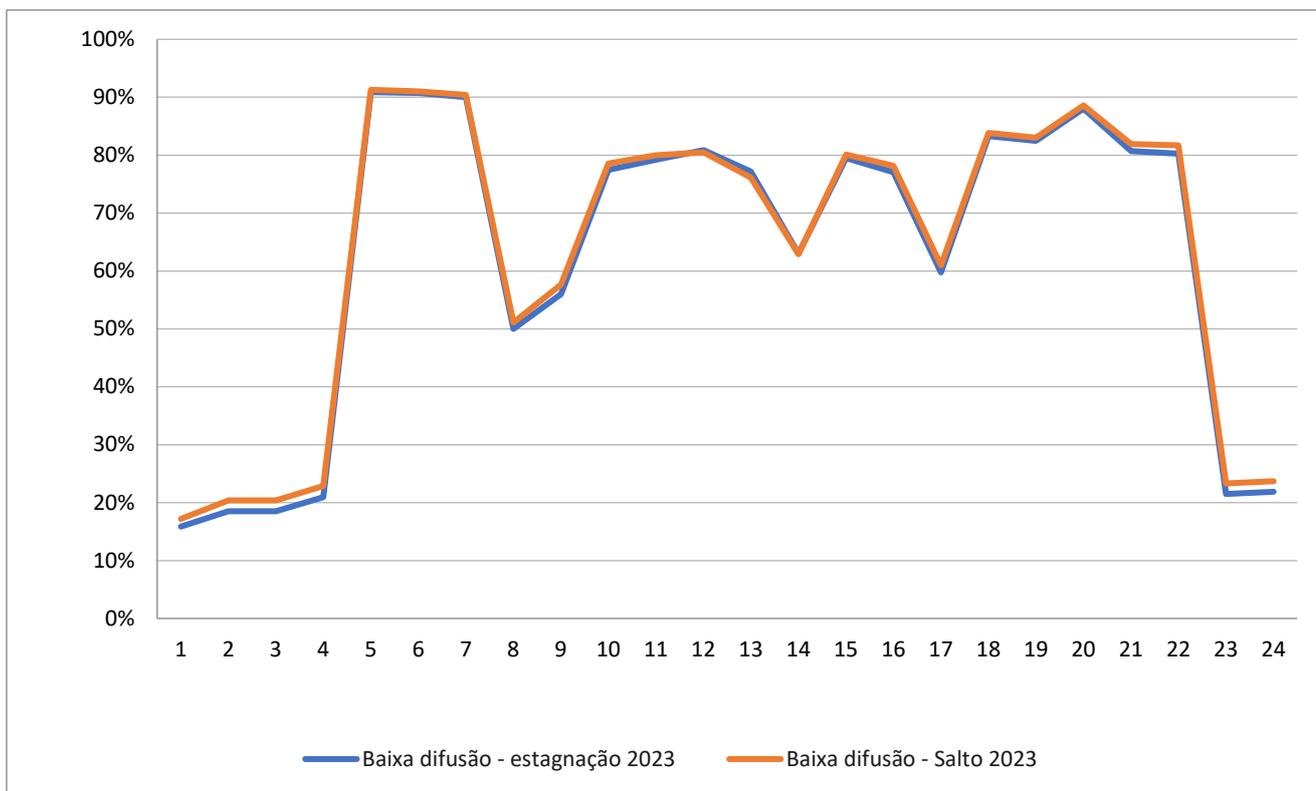


Figura 25 - Percentual correspondente à carga dos 11 equipamentos de maior consumo em relação à totalidade dos equipamentos em 2019. (Fonte Elaboração Própria)





Para 2050, ao analisar a Figura 26, pode-se perceber uma diferença significativa em comparação com o ano de 2019. Enquanto no ano anterior a disparidade na curva de carga entre os diferentes cenários era pequena, com um aumento de cerca de 15% no consumo entre os cenários, em 2050 essa discrepância se amplia consideravelmente. Isso significa que o consumo de energia entre os cenários varia de forma mais significativa em 2050 do que em 2019. Por exemplo, para um determinado horário, o consumo de energia em um cenário pode ser mais de três vezes maior do que em outro cenário. Essa diferença expressiva indica mudanças substanciais na demanda de energia ao longo do tempo, destacando a importância de entender e antecipar essas variações para o planejamento e a gestão adequada da oferta energética.

Esse cenário mais crítico em que os picos de consumo têm uma carga mais alta é referente a alta difusão dos equipamentos e estagnação da eficiência energética, ou seja, há uma maior aquisição e uso consequente dos equipamentos, porém, desacompanhada do aumento na Eficiência Energética, fazendo com que a demanda de energia seja muito maior nos picos de consumo observados.

Em termos simples, isso significa que haverá uma proliferação maior de dispositivos elétricos e eletrônicos, mas sem um correspondente aumento na eficiência energética desses equipamentos. Como resultado, a demanda de energia nos períodos de pico de consumo será consideravelmente maior. Este cenário ressalta a importância de medidas voltadas para a eficiência energética e a gestão cuidadosa da demanda para garantir a sustentabilidade e a estabilidade do sistema elétrico no futuro.



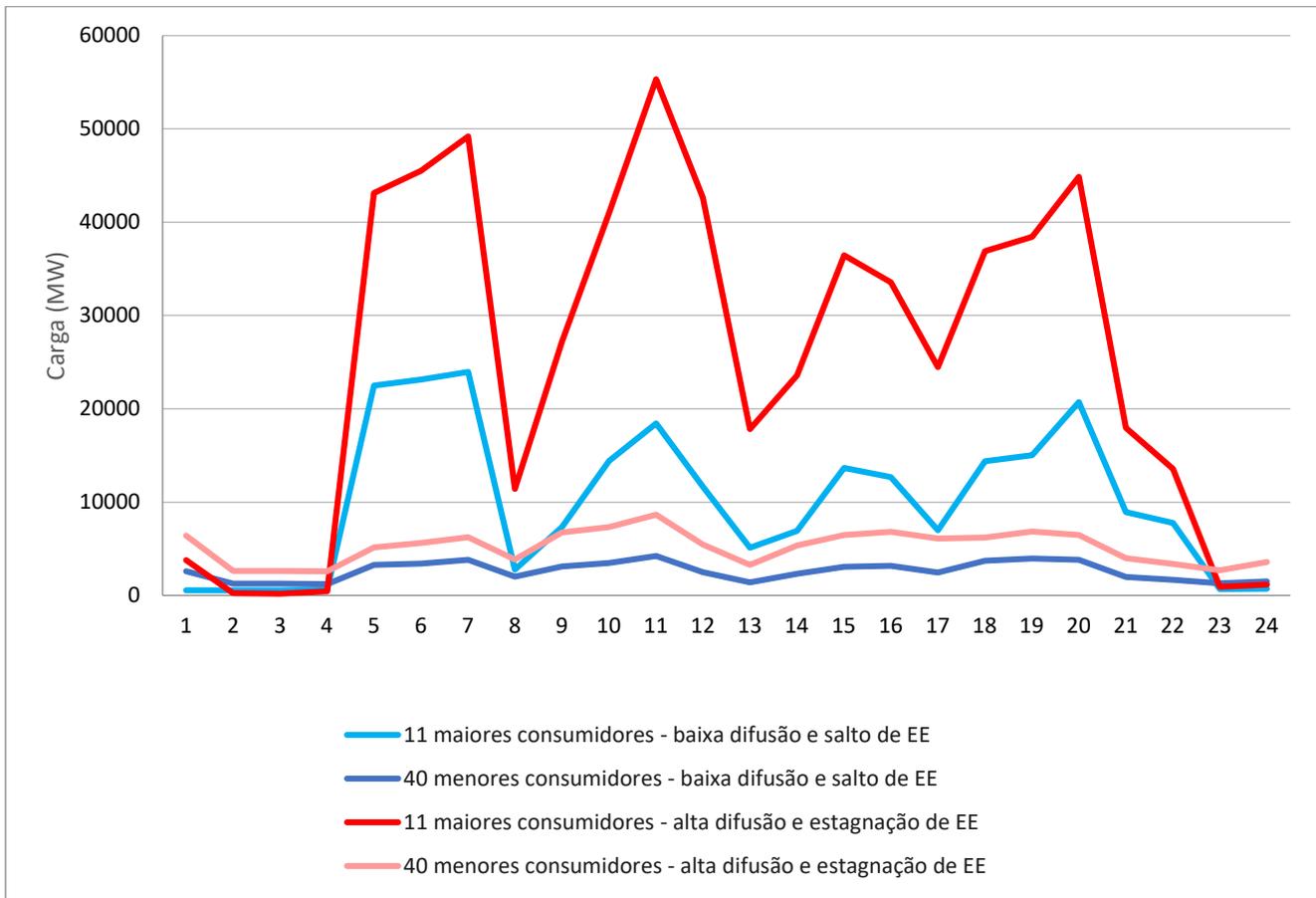


Figura 26. Curva de carga nos cenários de estagnação e salto de EE em 2050 separada entre 11 maiores consumidores e 40 menores consumidores (Fonte: Elaboração Própria).

No cenário de alta difusão dos equipamentos e estagnação da eficiência energética, observa-se uma mudança significativa no padrão de consumo, especialmente durante o horário de almoço. Ao comparar com outros cenários, nota-se que o pico de consumo durante esse período cresce consideravelmente mais. Em 2050, o horário de pico, que anteriormente ocorria pela manhã no cenário de baixa difusão e salto de eficiência, desloca-se para a hora do almoço. Isso ocorre devido à alta demanda de energia associada aos equipamentos de cozinha, que apresentam uma diferença de consumo significativa entre os dois cenários mencionados. Essa mudança no horário de pico de consumo ressalta a importância de entender como a difusão dos equipamentos e a eficiência energética influenciam os padrões de consumo ao longo do dia.

Como a Figura 27 mostra, os 2 maiores consumidores são o liquidificador e o fogão elétrico, sendo que no cenário de alta difusão e estagnação da eficiência, o consumo desse equipamento aumenta em 3,2 vezes.



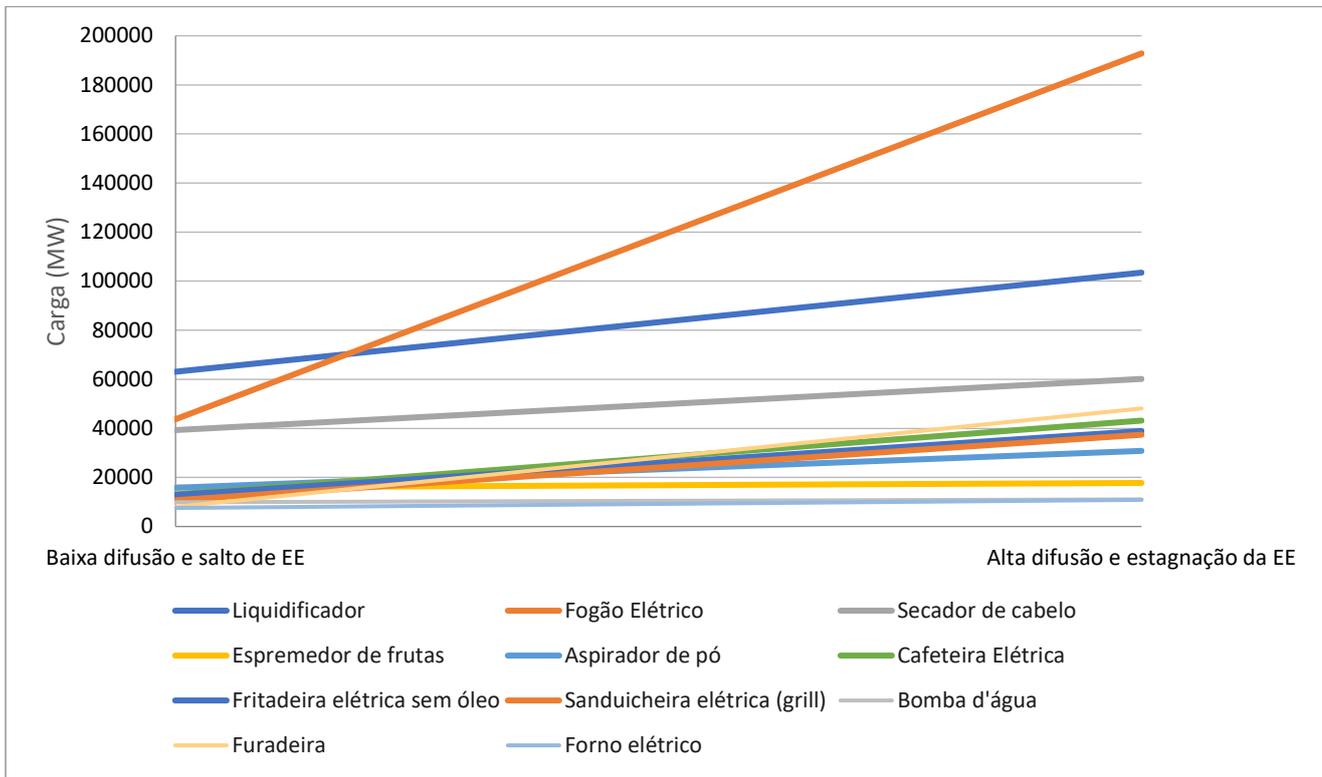


Figura 27 - 11 equipamentos de maior consumo em 2050 no cenário de baixa difusão e salto de EE e sua projeção de consumo no cenário de alta difusão e estagnação de EE para o mesmo ano (Fonte: Elaboração Própria).

A análise do impacto de cada equipamento na curva de carga é um guia fundamental para determinar a necessidade de regulamentação. Equipamentos com maior consumo tendem a proporcionar reduções mais expressivas na demanda de energia elétrica quando são estabelecidos padrões mínimos de eficiência energética. No entanto, além do consumo, outros fatores devem ser levados em consideração. Isso inclui o progresso tecnológico dos equipamentos, que abrange desde dispositivos resistivos simples até aparelhos elétricos, eletrônicos e motrizes mais avançados. Também é relevante considerar a existência de regulamentações internacionais que estabelecem parâmetros, diretrizes e referências que podem ser adaptados para o contexto brasileiro. Todos esses critérios e outros serão abordados em detalhes no capítulo seguinte. Essa análise mais detalhada permitirá uma compreensão completa dos fatores que influenciam a regulamentação dos equipamentos e da eficiência energética.

7 PRIORIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PARA REGULAMENTAÇÃO

Nesta seção, é apresentada uma lista de priorização dos equipamentos para regulamentação. Essa lista foi elaborada por meio de uma análise multicritério, uma ferramenta frequentemente utilizada para apoiar tomadas de decisão em situações nas quais há, no mínimo, duas alternativas em consideração. Essa abordagem é essencialmente aplicada quando se necessita escolher entre diferentes opções ou ações, levando em conta múltiplos critérios ou objetivos, os quais podem ou não ser conflitantes.



O objetivo dessa análise foi selecionar, no mínimo, 5 equipamentos que teriam um impacto significativo nos setores energético e de mercado e que seriam considerados imperativos em um processo de regulamentação. Essa seleção foi baseada na avaliação de como esses equipamentos afetam esses setores e em sua importância para garantir um ambiente regulatório eficaz.

Para este trabalho, almeja-se resolver um problema de ordenação, que responde ao seguinte questionamento:

Quais são, no mínimo, os 5 equipamentos a serem priorizados em um processo de regulamentação, no Brasil, em um total de 56 equipamentos não regulamentados?

Os critérios considerados para a análise, elencados na Figura 28 abaixo, são organizados em grupos temáticos que contemplam a redução do consumo de energia elétrica, impactos na curva de carga, aspectos regulatórios e perspectiva do consumidor.



Figura 28 - Critérios de análise (Fonte: Autoria Própria)

Esses critérios foram escolhidos porque são fundamentais para entendermos o impacto tanto no setor energético quanto no mercado. Eles são a base das análises que foram feitas ao longo dos relatórios. Muitas das informações e critérios mencionados aqui já foram discutidos antes, seja neste relatório ou em relatórios anteriores. Essa seleção permite uma abordagem consistente e ajuda a construir uma visão contínua do tema em questão.



Os 56 equipamentos foram agrupados de acordo com seus tipos, tornando mais fácil identificá-los. Assim, temos quatro grupos distintos: Resistivos, Elétricos e Eletrônicos, Motores e Motores e Resistivos. Essa organização facilita a compreensão e a análise dos equipamentos, ajudando a visualizar suas características e peculiaridades dentro de cada categoria.

Para cada equipamento, os 6 critérios são considerados e recebem um peso, cuja escala vai de 1 a 5, como mostra a Tabela 5 a seguir.

Tabela 5 - Pesos da análise multicritério para priorização dos equipamentos (Fonte: Autoria Própria)

→	Escala de Pesos
Pouco Relevante	1
Relevância Média	3
Muito Relevante	5

É importante destacar que para os critérios C1, C2, C3, C4 e C6 a definição dos pesos é mais sólida, e para C5, há uma componente subjetiva que torna esse critério menos robusto e menos relevante para a análise geral. Cada critério será detalhado a seguir.

No grupo **Potencial de Redução de Consumo de Energia Elétrica** foi considerado o seguinte critério:

- C1 - Avanços tecnológicos dos equipamentos

Os **avanços tecnológicos dos equipamentos (C1)** se relacionam às possibilidades de mudanças tecnológicas nos equipamentos, tornando mais eficientes aqueles disponíveis no mercado. Nesse sentido, é importante destacar que os equipamentos resistivos são complexos e a mensuração de suas eficiências não é trivial. Logo, equipamentos resistivos são mais difíceis de apresentarem avanços tecnológicos e recebem um peso menor.

Em contrapartida, equipamentos elétricos e motorizados são mais fáceis de apresentarem avanços tecnológicos e, por isso, recebem peso maior.

De modo breve, a relação dos critérios acima e os respectivos pesos estão resumidos na Tabela 6.

Tabela 6 - Critérios C1 (Fonte: Autoria Própria)

Critérios	Relação	Tipos de Equipamentos	Peso
	Mais fácil de avançar tecnologicamente = maior potencial de redução de consumo	Motores	5



C1- Avanços tecnológicos dos equipamentos	Avanço tecnológico com dificuldade intermediária = médio potencial de redução de consumo	Elétricos e Eletrônicos; Motores e resistivos	3
	Mais difícil de avançar tecnologicamente = menor potencial de redução de consumo	Resistivos	1

No grupo **Impacto na Curva de Carga** há dois critérios:

- C2 – Impacto na ponta da curva de carga
- C3 – Impacto na integral da curva de carga

Para definir os pesos de **C2 (Impacto na ponta da curva de carga)** dos equipamentos, foram utilizados como referência os horários de uso de cada um, com os dados disponíveis pelo PPH 2019. Na ausência de indicação de horário de uso, definiu-se o valor de menor peso (1).

Atualmente, e de forma geral, o horário de ponta para a classe residencial acontece das 18h às 21h. É importante observar que as diferenças entre as áreas de concessão das distribuidoras não foram levadas em consideração. Isso significa que, independentemente da região, esse é o período de maior demanda de energia para os consumidores residenciais. A Tabela 7 abaixo indica os pesos considerados para os intervalos de horário de uso.

Tabela 7 - Pesos por horário de uso de C2 (Fonte: Autoria Própria)

Relação	Horários de Uso	Pesos
Maior incidência ou pico de uso nesses horários = maior impacto na ponta da curva de carga = maior peso	18h, 19h, 20h e 21h	5
Maior incidência ou pico de uso nos valores adjacentes = impacto médio na ponta da curva de carga = peso médio	17h e 22h	3
Maior incidência ou pico de uso em valores menores que 17h e maiores que 22h = impacto baixo na ponta da curva de carga = menor peso	> 17h e < 22h	1
Ausência de dados ou informação	Sem Informação	1

A integral da curva de carga é representada pelo consumo médio dos equipamentos. Quanto maior o consumo médio de um determinado equipamento, maior é o seu respectivo **Impacto na integral da curva de carga, o critério C3**, sendo maior o seu peso. Os valores dos consumos de cada equipamento foram retirados dos PPHs, agrupados e analisados em relatórios anteriores.



Observa-se que os valores de consumo médio não seguem um padrão ou uma estrutura facilmente agrupável. Isso se deve à diversidade dos equipamentos, que possuem especificidades de potência e horários de uso, resultando em consumos médios variados (medidos em MWh/ano). No entanto, mesmo diante dessa diversidade, é possível estabelecer faixas de valores máximos, médios e mínimos dentro do conjunto de equipamentos. Essas faixas ajudam a atribuir pesos de forma mais equilibrada, considerando a gama de consumo dos equipamentos.

Logo, para prosseguir com a análise, foram realizados os seguintes passos:

1. Ordenação crescente dos valores de consumo médio mensal, em MWh/ano.
2. Determinação das faixas de corte (máximo, médio e mínimo), sobretudo de modo qualitativo e considerando potências e frequências de uso.

Destaca-se ainda que, na ausência de dados e informação sobre esse valor, é aplicado o peso 1.

No grupo temático de Aspectos regulatórios, aplica-se uma ponderação de caráter binário para o **C4 - Existência de regulação internacional**, representada por dois pesos: 5, para sim; e 1 para não.

Por fim, no grupo de **Perspectiva do Consumidor** tem-se os critérios:

- C5 – Interesse e busca pelo produto
- C6 – Posse dos equipamentos

O **C5 – Interesse e busca pelo produto** é caracterizado pela procura dos equipamentos na internet, pela tendência da busca pelo termo (nome do equipamento) com base em informações obtidas pelo *Google Trends*. Essa análise já foi feita no *Capítulo 4*, com pesos diferentes para os resultados e os objetivos específicos daquele capítulo.

Para esta análise multicritério, em específico, será utilizado o mesmo racional, mas com a escala de pesos padronizada de 1 a 5. Os pesos de **C5** podem ser vistos na Tabela 8 abaixo.

Tabela 8 - Pesos do C5 (Fonte: Autoria Própria)

Pesos da Tendência		
Decrescente	Tendência de busca pelo termo em declive, curva descendente	1
Estagnado	Tendência de busca pelo termo em <i>plateau</i> , curva perene	3
Crescente	Tendência de busca pelo termo em aclave, curva ascendente	5

Na ausência de informação ou dados, o peso designado foi 1.



O critério **C6 - Posse dos equipamentos**, de modo geral, contempla a quantidade de equipamentos que as pessoas possuem em suas residências. Com os dados das PPHs, foi possível realizar análises e projeções nos relatórios anteriores, com recortes regionais. A posse dos equipamentos tende a variar substancialmente entre as regiões do país e, somando-se a algumas premissas, foi possível tecer cenários de crescimento para a evolução das posses de equipamentos.

Neste trabalho, as análises de crescimento da posse foram feitas para mais equipamentos, de modo complementar, e se encontram no Capítulo 4, separados por tipos de equipamentos (elétricos, resistivos, elétricos e eletrônicos, motrizes e motrizes resistivos). Utilizando dessas análises como insumo, pode-se relacionar os pesos com o nível de posse de cada equipamento, ou seja, a presença (em porcentagem) de cada equipamento nas residências brasileiras.

De forma similar ao critério anterior, os valores apresentam variação não padronizada e não possuem interdependência entre si. No entanto, para facilitar a distribuição dos pesos, esses valores são agrupados em três faixas distintas.

Os equipamentos com os menores valores de posse recebem peso 1. Isso ocorre porque o impacto desses equipamentos no consumo de energia e sua presença nas residências são baixos, não sendo necessária uma regulamentação imediata para eles. Por outro lado, os equipamentos com os maiores valores de posse recebem peso 5. Isso se deve ao fato de estarem presentes em muitas residências, serem usados com frequência e poderem ter um impacto significativo no consumo de energia. Os valores intermediários recebem um peso médio de 3. Quanto aos equipamentos sem informações disponíveis, recebem o peso mínimo. Essa abordagem permite uma atribuição de pesos equilibrada com base na importância e na incidência dos equipamentos nas residências.

Para prosseguir com a análise, foram realizados os seguintes passos, cujo resultado pode ser visualizado na Tabela 9:

1. Ordenação crescente dos valores percentuais de posse;
2. Determinação das faixas de corte (máximo, médio e mínimo), sobretudo de modo qualitativo e considerando as categorias de equipamentos (resistivos ou não) e frequência de uso.

Tabela 9 - Pesos do C6 (Fonte: Autoria Própria)

Faixas do Nível de Posse (%)	Pesos
Posse Baixa (0% a 1%)	1
Posse Média (2,08% a 14,6%)	3



Posse Alta (17,4% a 93,5%)	5
-------------------------------	---

A seguir, apresentam-se os resultados encontrados para a análise multicritério.

7.1 Resultados para Diferentes Cenários

Um aspecto importante deste trabalho é olhar para o futuro e prever como será o uso e a posse dos equipamentos. Assim, ao decidir quais equipamentos priorizar, também vamos considerar como eles podem ser afetados no futuro. Para isso, vamos usar o critério **C3 - Impacto na integral da curva de carga**. Este critério nos ajudará a ver como a inclusão dele na lista de prioridades pode mudar as coisas. Esse critério é escolhido porque é mais provável que seja afetado se o consumo de energia elétrica no Brasil aumentar devido ao uso crescente de aparelhos domésticos.

Como apresentado no Produto 2 deste projeto, 4 cenários diferentes foram estabelecidos que consideram o crescimento do número de bens eletrodomésticos e a evolução do nível de eficiência elétrica dos equipamentos, como mostra a Figura 29.

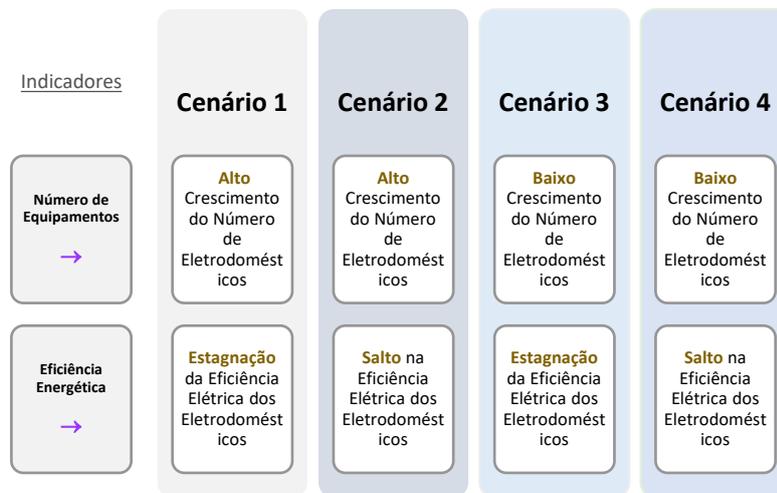


Figura 29 - Cenários de variação do consumo agregado até 2050 (fonte: Autoria Própria)

Para este relatório, vamos considerar dois cenários: o Cenário 1 e o Cenário 3, que representam a estagnação da eficiência energética dos equipamentos. Essa escolha é feita para manter uma base comum com as análises anteriores. A sensibilidade do estudo está relacionada ao crescimento do número de eletrodomésticos, que pode ser alto ou baixo, mas sempre crescente. Optamos por esses cenários porque a premissa é que as regulamentações propostas no próximo produto terão um impacto direto nos níveis futuros de eficiência. Portanto, levar em conta um aumento natural da eficiência energética na análise poderia obscurecer o verdadeiro impacto dessas regulamentações.



O crescimento no número de eletrodomésticos impacta, portanto, no consumo médio de eletricidade. Quanto maior o número e posse de eletrodomésticos, maior será o consumo de energia para o setor residencial brasileiro. Desse modo, esse impacto é identificado na integral da curva de carga, que é representada pelo consumo médio dos equipamentos, em MWh/ano.

Logo, para prosseguir com a análise e ter uma nova lista de priorização considerando as prospecções, foram realizados os seguintes passos:

1. Ordenação crescente dos valores de consumo médio, em MWh/ano, para o Cenário 1 e para o Cenário 3.
2. Determinação das faixas de corte (máximo, médio e mínimo), sobretudo de modo qualitativo e considerando potências e frequências de uso.
3. Inserção dos novos valores de consumo médio, em MWh/ano, na matriz de pesos.

Com os novos pesos estabelecidos, é possível gerar as listas de priorização de equipamentos para cada cenário analisado. Reitera-se que apenas o critério **C3 – Impacto na integral da curva de carga** foi modificado, e os outros permaneceram iguais. Para os equipamentos sem os valores projetados, os pesos do critério permaneceram iguais aos valores anteriores. A nova lista de priorização agregada é apresentada na Tabela 10 abaixo.

Tabela 10 - Equipamentos a priorizar em diferentes cenários (Fonte: Autoria Própria)

Cenário 1		Cenário 3	
Priorizar	Peso Total	Priorizar	Peso Total
Fogão elétrico (<i>cooktop</i> elétrico)	5625	Fogão elétrico (<i>cooktop</i> elétrico)	5625
Secadora de roupas (por aquecimento)	5625	Receptor de TV por assinatura	3375
Receptor de TV por assinatura	3375	Secadora de roupas (por aquecimento)	3375
Liquidificador	3125	Liquidificador	3125
Aquecedor de ambiente	2025	Tablet	2025

Como pode ser visto na tabela acima, os equipamentos a priorizar são semelhantes para os 2 cenários, com mudanças na ordem de seleção, corroborando para a regulamentação desses ali elencados. Algumas considerações podem ser feitas sobre os resultados encontrados:

- A convergência dos resultados para os dois cenários sinaliza uma validação para os equipamentos a serem priorizados.
- Os cenários apresentam mudanças sutis pois os critérios permaneceram os mesmos, com exceção do C3 – Impacto na integral da curva de carga (que foi analisado de forma isolada). Logo, para efeitos mais significativos, o aspecto energético não deve se desvincular dos demais.
- No cenário 3 figura outro equipamento eletrônico, o tablet, e o receptor de TV aparece em segundo lugar. Já no cenário 1, tem-se o aquecedor de ambiente e a secadora de roupas, ambos equipamentos motores e resistivos. Desse modo, é possível indicar que em cenários com baixo crescimento do número de eletrodomésticos, o resultado tendência para dispositivos eletrônicos.



Em contrapartida, em um cenário de alto crescimento do número de eletrodomésticos, os aparelhos resistivos e motores se destacam.

Nesse contexto, os equipamentos comuns para os 2 cenários sinalizam uma prioridade na regulamentação, tanto pelo consumo quanto pela posse. Logo, os equipamentos indicados com pontuação de destaque são: **fogão elétrico (cofktop elétrico)**, **receptor de tv por assinatura**, **liquidificador** e **secadora de roupas**. Os **aquecedores de ambientes** e **tablets** também devem ser priorizados, apesar de aparecerem em apenas um dos cenários avaliados.

8 CONCLUSÕES

O presente trabalho abordou o potencial de crescimento dos equipamentos elétricos e os seus respectivos impactos na demanda de energia elétrica. Os levantamentos realizados auxiliam e subsidiam a tomada de decisão para o setor de eficiência energética e, de modo específico, na identificação (com base em critérios multifacetados) dos equipamentos que demandam prioridade em termos de regulamentação.

Quanto à avaliação do crescimento da posse e do consumo energético de equipamentos elétricos não contemplados no Produto 2, foram identificadas algumas tendências nos hábitos da população, destacando-se particularmente eletrodomésticos destinados à cozinha, dispositivos de comunicação e equipamentos voltados para o conforto térmico. A perspectiva de maior praticidade e automação na preparação de alimentos pode ser apontada como um impulsionador para o aumento no consumo de dispositivos culinários.

Com relação aos eletroeletrônicos, a crescente conectividade, associada a serviços baseados em internet e streaming, tem provocado uma demanda significativa por equipamentos que mantenham as redes ligadas ininterruptamente, refletindo uma sociedade cada vez mais dependente da tecnologia. Além disso, alterações nos padrões de vida e nas preferências domésticas emergem como fatores influentes, sugerindo um aumento na procura por dispositivos destinados ao conforto térmico, indicando uma interconexão entre inovações tecnológicas e mudanças nos estilos de vida que moldam a demanda por diferentes categorias de dispositivos.

Em relação às curvas de carga, observou-se uma diferença considerável entre os cenários, sendo que no pior deles (alta difusão dos equipamentos e estagnação da eficiência energética), o consumo chega a triplicar em relação ao melhor cenário (baixa difusão dos equipamentos e salto na eficiência energética), sendo observados picos no mesmo horário que vão de 22 GW para 64 GW. Isso demonstra a necessidade de se presar pela eficiência energética. Nesse sentido, a priorização das ações de EE para os equipamentos indicados no capítulo 7 poderão trazer resultados mais efetivos contra o aumento da demanda de energia elétrica residencial.





Em relação aos equipamentos abordados nesse relatório, é importante que a análise de suas curvas de carga seja feita com uma visão crítica. Os dados extraídos da PPH e que foram base para a elaboração das curvas demonstraram, por exemplo, que equipamentos de cozinha têm um impacto muito grande nos horários de almoço e jantar, o que a princípio é natural. Para esses equipamentos, entretanto, não havia pergunta na PPH que informava o horário de uso, sendo necessário utilizar a metodologia apresentada no capítulo 6 para se obter dados horários. A falta dessa informação para todos os equipamentos faz com que haja um possível descolamento entre posse e hábito. No caso dos equipamentos de cozinha, apesar de ser natural seu consumo elevado no horário do almoço, a magnitude desse consumo nesses horários pode estar superdimensionada justamente por conta desse desacoplamento, uma vez que nesses horários, uma parcela da população não está em casa por conta do trabalho. Isso reforça a sugestão feita anteriormente de, além de termos mais informações de horários, existir uma diferenciação entre o uso em dias úteis e não úteis.

Entretanto, cabe reforçar que essa é o retrato fornecido pela PPH de 2019 com seus dados de hábitos médios. Adicionalmente, isso não invalida os resultados da priorização, pois foram levadas outras características além do impacto na curva, exatamente para robustecer o resultado deste relatório. Por fim, foram sugeridos 6 equipamentos como prioritários para o próximo trabalho, sendo que apenas dois possuem alguma relação com a questão de refeições em casa. Além disso, dos equipamentos priorizados se destaca a presença de dois equipamentos eletroeletrônicos (receptor de TV e tablet), um puramente resistivo (fogão elétrico), um puramente de força motriz (liquidificador) e dois que utilizam motores e que cimento (aquecedor de ambiente e secadora roupa por aquecimento).



REFERÊNCIAS

Agência Brasil. Empresa Brasil de Comunicação. Dilma anuncia diminuição de 16,2% no preço da energia para residências e 28% para indústrias. 2012. Disponível em <http://memoria.etc.com.br/agenciabrasil/noticia/2012-09-06/dilma-anuncia-diminuicao-de-162-no-preco-da-energia-para-residencias-e-28-para-industrias>. Acesso em 30 de maio de 2023.

Amazonas Governo do Estado. **Guia de Incentivos Fiscais da Zona Franca de Manaus**. Manaus. Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação, 2020.

BASTOS, Felipe. **Análise da política de banimento de lâmpadas incandescentes do mercado brasileiro**. 2011. 130p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

BRASIL. Decreto nº 7.660, de 23 de dezembro de 2011. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 de dezembro de 2011. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Decreto nº 11.055, de 28 de abril de 2022. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 29 de abril de 2022. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Lei nº 11.484, de 31 de maio de 2007. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1º jun. 2007

BRASIL. Ministério da Economia. Câmara de Comércio Exterior. Resolução GECEX nº 322, de 4 de abril de 2022. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 abr. 2022. Seção 1, p. 1.

BRASIL. Portaria Interministerial MME/MCT/MDIC nº 1.007, de 31.12.2010. Dispõe sobre a regulamentação específica de Lâmpadas Incandescentes. Publicada no D.O.U. de 06/01/2011, Seção I, Pág. 44.

CORACCINI, Rafael. **Made in China: como virou a indústria do mundo**. Consumidor Moderno, São Paulo, 23 jul. 2019. Disponível em: <https://consumidormoderno.com.br/2019/07/23/made-in-china-como-virou-a-industria-do-mundo/>. Acesso em: 30 mai. 2023

Energy Rating. Disponível em: <https://www.energyrating.gov.au/>. Acesso em: 17 de setembro de 2023.

Energy Star. Disponível em: <https://www.energystar.gov/?s=mega>. Acesso em: 17 de setembro de 2023.

Energy Star. Energy Star Certification, 2023. Disponível em: https://www.energystar.gov/about/how_energy_star_works/ENERGY_STAR_certification. Acesso em 07 de fevereiro de 2024.

Energy Star. **Heat and Cool Efficiently**. Disponível em: https://www.energystar.gov/saveathome/heating_cooling?s=mega. Acesso em 09 de outubro de 2023.

Energy Star Product Finder. Disponível em: <https://www.energystar.gov/productfinder/>. Acesso em 21 de setembro de 2023.



Energy Saver. **Electric Resistance Heating**. Disponível em: <https://www.energy.gov/energysaver/electric-resistance-heating>. Acesso em 09 de outubro de 2023.

EPE. **Ações para promoção da eficiência energética nas edificações brasileiras: no caminho da transição energética**, 2020.

EPREL – European Product Registry for Energy Labelling. Disponível em: <https://eprel.ec.europa.eu/screen/product/waterheaters>. Acesso em 21 de setembro de 2023.

Estudos Especiais do Banco Central. **Índice de pressão nas cadeias de suprimentos brasileiras**, 2022. Disponível em: https://www.bcb.gov.br/conteudo/relatorioinflacao/EstudosEspeciais/EE117_Indice_de_pressao_nas_cadeias_de_suprimentos_brasileiras.pdf. Acesso em 30 de maio de 2023.

European Commission. About the energy label and ecodesign. Disponível em: https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/energy-label-and-ecodesign/about_en. Acesso em: 17 de setembro de 2023.

Filho, F. A crise econômica de 2014/2017. **Saídas para a crise econômica**. Estudos Avançados, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/BD4Nt6NXVr9y4v8tqZLJnDt/?lang=pt>. Acesso em 30 de maio de 2023

Freor-Thinking in Green. **Ecodesign and Energy Labelling: Ready to Start**. 2021. Disponível em: <https://freor.com/ecodesign-energy-labelling-ready-start/>. Acesso em 07 de fevereiro de 2024.

Google Trends. **Interesse ao longo do tempo**. Disponível em: <https://trends.google.com.br/trends/>. Acesso em 18 de setembro de 2023.

Greenhouse & Energy Minimum Standards Regulator. Energy Rating Registration Database. Disponível em: https://reg.energyrating.gov.au/comparator/product_types/. Acesso em: 21 de setembro de 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). PIA-Produto - Pesquisa Industrial Anual - Produto. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9044-pesquisa-industrial-anual-produto.html?=&t=downloads>.

IPEA. **Carta de Conjuntura, Visão geral da conjuntura**, 2022. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/wp-content/uploads/2022/12/221216_CC57.pdf. Acesso em 30 de maio de 2023.

Legislação INMETRO. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/>. Acesso em 29 de maio de 2023.

Lessa, A., Meira, F. **O Brasil e os atentados de 11 de setembro de 2001**. Revista brasileira de política internacional, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpi/a/MDvp3Fh7cfWgYLkpFwbHDQR/?lang=pt#>. Acesso em 30 de maio de 2023.



MegaWhat. Racionamento de Energia Elétrica. 2022. Disponível em <https://megawhat.energy/verbetes/389/racionamento-de-energia-eletrica>. Acesso em 30 de maio de 2023.

MELO, A. P. Palestra: Transformação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil. [S. l.]. 2017.

Mitsidi. Elaboração de estudos e insumos para auxiliar o desenvolvimento do Plano de Ação de Eficiência Energética – edificações. Relatório final, 2018.

Murta, L., Brasil, G., Samohyl, R. Crise Monetária Brasileira de 1999: Uma Análise Econométrica Realizada com Base em Elementos Teóricos de Modelos de Crises Monetárias de Primeira e Segunda Geração. 2003. Disponível em: <https://www.anpec.org.br/encontro2003/artigos/C11.pdf>. Acesso em 30 de maio de 2023.

Nonnemberg, M., Lima, U. e Bispo, S. Políticas Industriais na China nos últimos 30 anos. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 1ª Edição, 2021.

PATVD- Programa de apoio ao desenvolvimento tecnológico da indústria de equipamentos para a TV digital. 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/acesso-a-informacao/legislacao/legislacao-por-assunto/patvd>. Acesso em 29 de maio de 2023.

Reis, A. C. B & Schramm, B. V. Guia de Análise Multicritério em AIR - Guia para Aplicação da Análise Multicritério em Análise de Impacto Regulatório (AIR) no Inmetro. Projeto de Melhoria da Qualidade Regulatória. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/regulamentacao/InmetroGuiaAnaliseMulticriterioemAIR.pdf>. Acesso em 03 de outubro de 2023.

Reis, T. Suno. Bolha da internet: entenda as causas e consequências desse evento, 2019. Disponível em <https://www.suno.com.br/artigos/bolha-da-internet/>. Acesso em 30 de maio de 2023.

Resultados do Comércio Exterior Brasileiro - Dados Consolidados, 2023. Disponível em: https://balanca.economia.gov.br/balanca/publicacoes_dados_consolidados/pg.html. Acesso em 30 de maio de 2023.

SIMÕES GOMES, Carlos Francisco; CABRAL RIBEIRO, Priscilla Cristina; ABIZETHE DE CARVALHO DUIM, Fernanda; MANZOLILLO SANSEVERINO, Adriana. As Econômicas Mundiais e As Variáveis Econômicas no Brasil. Relatório de pesquisa em Engenharia de Produção, v. 16, n. 1, p. 18-36.

Suframa e Ministério da Economia. Indicadores de Desempenho do Polo Industrial de Manaus. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/suframa/pt-br/publicacoes/indicadores/caderno_indicadores_janeiro_abril_2022_gerado_em_24-06-2022_.pdf/view. Acesso em 30 de maio de 2023.

Gov. Programa de Eficiência Energética - Conheça o Programa de Eficiência Energética (PEE) da ANEEL. 2022. Disponível em <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/eficiencia-energetica/pee>. Acesso em 02 de junho de 2023.





OBSERVATÓRIO DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **ENERGIA ECONOMIZADA**. 2023. Disponível em: <https://siase.aneel.gov.br/WebOpee/Indicator/SavedEnergy>. Acesso em 02 de junho de 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços: Secretaria de Comércio Exterior. **COMEX STAT**. 2023. Disponível em <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em 29 de junho de 2023.

BOOD, Robert & POSTMA, Theo,. **Strategic learning with scenarios**. European Management Journal. Volume 15, Issue 6, 1997, Pages 633-647, ISSN 0263-2373, [https://doi.org/10.1016/S0263-2373\(97\)00047-9](https://doi.org/10.1016/S0263-2373(97)00047-9).

Energy Rating. Understand the Energy Rating Label, 2023. Disponível em: <https://www.energyrating.gov.au/consumer-information/understand-energy-rating-label>. Acesso em 07 de fevereiro de 2024.

EPE (2015). **Cenário econômico 2050**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-458/PNE2050_Premissas%20econ%C3%B4micas%20de%20longo%20prazo.pdf>. Acesso em: 30 maio. 2023.

EPE (2016). **Plano Decenal de Energia 2026**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Decenal-de-Expansao-de-Energia-2026>>.

EPE (2023). **Balço Energético Nacional | Relatório Síntese | Ano base 2022**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-681/BEN_S%C3%ADntese_2023_PT.pdf>.

EPE (2019) - **Plano Decenal de Energia 2029**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Decenal-de-Expansao-de-Energia-2029>>.

EPE (2023) - **Consumo Mensal de Energia Elétrica por Classe (regiões e subsistemas)**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica>>.

Givisiez e Oliveira (2018) - **DEMANDA FUTURA POR MORADIAS DEMOGRAFIA, HABITAÇÃO E MERCADO**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/cms/images/stories/comunicacao_novo/19072018_Livro_Demanda_cidades.pdf>.

IBGE (2018) - **Projeções da População | IBGE**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html>>.

IBGE (2023) - **População Brasileira Cresce 6,5% E Chega A 203,1 Milhões De Habitantes, Aponta Censo 2022 | IBGE**. Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/materias-especiais/21972-populacao-brasileira-cresce-6-5-e-chega-a-203-1-milhoes-de-habitantes-aponta-censo-2022.html#:~:text=Conforme%20os%20primeiros%20resultados%20do,12.306.713%20milh%C3%B5es%20de%20pessoas>>.





Stein et. al. (2020) - Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study. The Lancet, v. 396, n. 10258, p. 1285–1306, 14 jul. 2020.

Asana. Entendendo o Princípio de Pareto (a regra 80/20). 2022. Disponível em: <https://asana.com/pt/resources/pareto-principle-80-20-rule>. Acesso em: 15 dez. 2023.

Tabela de Consumo de Aparelhos. EFLUL. 2023. Disponível em: <http://www.eflul.com.br/consumidores/tabela-de-consumo>. Acesso em: 11 out. 2023.

USAID - United States Agency for International Development. **Overview of Energy-Efficient Technologies**. Disponível em: <https://www.usaid.gov/energy/efficiency/basics/technologies>. Acesso em 09 de outubro de 2023.

IPEA, 2021. **ELASTICIDADES PREÇO E RENDA DA DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA DOMICILIAR NO BRASIL**. Texto para Discussão. Brasília. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10880/2/td_2702.pdf.

Governo Australiano – Departamento de Indústria, Ciência, Energia e Recursos e Departamento de planejamento, Indústria e Meio Ambiente de New South Wales, 2021. **Residential space heaters in Australia and New Zealand**. Disponível em: https://www.energyrating.gov.au/sites/default/files/2022-12/product_profile_-_residential_space_heaters_in_australia_and_new_zealand_0.pdf.





APÊNDICE A

Tabela utilizada para projeção do consumo de equipamentos não avaliados no P2 em 2050



	Equipamento P3	Nível de Posse no Brasil (%)	Consumo (MWh/ano/unidade)	Equipamento Equivalente P2 (nível de posse e finalidade similares)	Nível de Posse no Brasil (%)	Termos pesquisado no Google Trends	Tendência de interesse do termo no Google Trends	Fator Google Trends	Consumo 2023 (GWh/ano)	Taxa personalizada baixo crescimento (2023-2050)	Consumo baixo crescimento 2050 (GWh/ano)	Taxa personalizada alto crescimento (2023-2050)	Consumo alto crescimento 2050 (GWh/ano)	Equipamentos Analisados no P2	Nível de Posse no Brasil (%)	Taxa de crescimento (projeção pph baixo crescimento)	Taxa de crescimento (projeção pph alto crescimento)	
Elétrico Resistivo	Forno Elétrico	11,30%	0,03	Fogão Elétrico	4,8	"Forno elétrico"	Crescente	1,2	282,494	283,89%	801,96	1074,95%	3036,65	Freezer	20,7	118,24%	254,81%	
	Chapinha (prancha alisadora)	24,30%	0,00	Chuveiro	100	"Chapinha de cabelo"	Estagnado	1	28,444	114,80%	32,65	184,32%	52,43	Refrigerador	100	107,68%	120,45%	
	Ferro elétrico a seco	38,70%	0,01	Chuveiro	100	"Ferro elétrico a seco"	Estagnado	1	223,944	114,80%	257,08	184,32%	412,77	Fogão Elétrico	4,8	236,57%	895,79%	
	Sanduícheira elétrica (grill)	30,90%	0,01	Micro-ondas	58,1	"Grill"	Crescente	1,2	306,634	140,59%	431,09	211,96%	649,95	Secadora de Roupa	1,3	456,28%	2449,23%	
	Cafeteira Elétrica	17,40%	0,01	Fritadeira Elétrica	7,2	"Cafeteira"	Crescente	1,2	114,722	200,53%	230,06	524,99%	602,28	Ar condicionado	17,66	163,73%	306,53%	
	Ferro elétrico a vapor (usando vapor)	23,50%	0,06	Máquina de lavar roupa	72,9	"Ferro a vapor"	Estagnado	1	1049,807	116,82%	1226,41	179,33%	1882,64	Fritadeira Elétrica	7,2	167,11%	437,49%	
	Ferro elétrico a vapor (não usando vapor)	5,02%	0,03	Máquina de lavar roupa	72,9	"Ferro a vapor"	Estagnado	1	109,981	116,82%	128,48	179,33%	197,23	Chuveiro	100	114,80%	153,60%	
	Panela elétrica	7,05%	0,06	Fritadeira Elétrica	7,2	"Panela elétrica"	Crescente	1,2	327,096	200,53%	655,93	524,99%	1717,22	Micro-ondas	58,1	117,16%	176,64%	
	Fritadeira elétrica com óleo	2,08%	0,05	Fogão Elétrico	4,8	"Fritadeira elétrica com óleo"	Estagnado	1	75,148	236,57%	177,78	1074,95%	807,80	Aquecedor de ambiente	0,63	572,23%	1940,54%	
	Máquina de solda	0,78%	0,11	Chuveiro	100	"Máquina de solda"	Estagnado	1	67,587	114,80%	77,59	184,32%	124,58	Máquina de lavar roupa	72,9	116,82%	149,44%	
	Ebulidor	0,71%	0,03	Fritadeira Elétrica	7,2	"Ebulidor"	Estagnado	1	18,733	167,11%	31,30	524,99%	98,35	Computador	22,1	142,48%	201,83%	
	Panificadora (máquina de pão)	0,99%	0,02	Chuveiro	100	"Panificadora elétrica"	Estagnado	1	11,867	114,80%	13,62	184,32%	21,87	TV	100	107,85%	120,66%	
	Eletro eletrônico	Aparelho de som/ rádio (ligados na tomada quanto utilizados, desconsiderar rádios que funcionam somente com pilhas)	21,90%	0,02	TV	100	"aparelho de som"	Estagnado	1	434,661	107,85%	468,79	144,79%	629,36	Lampada	100	69,29%	76,74%
		Roteador sem Fio (Wi-Fi) (aparelho de propriedade do morador, ou seja, que não pertence à operadora de internet)	11,40%	0,03	Computador	22,1	"Roteador"	Estagnado	1	312,116	142,48%	444,70	242,20%	755,95				
No Break		1,70%	0,03	Computador	22,1	"no break"	Estagnado	1	43,560	142,48%	62,06	242,20%	105,50	Tabela de pesos		Domicílios 2023		
Computador		19,00%	0,02	Computador	22,1	"computador"	Decrescente	0,8	353,418	113,98%	402,83	242,20%	855,98	Decrescente	0,8	79610000,00	79,61	
Modem para internet com função Roteador Wi-Fi (aparelho fornecido pela operadora no momento em que se contrata um plano de internet por assinatura)		36,00%	0,05	Computador	22,1	"Modem"	Decrescente	0,8	1547,182	113,98%	1763,52	242,20%	3747,29	Estagnado	1			
Celular		93,50%	0,00	TV	100	"celular"	Estagnado	1	257,043	107,85%	277,22	144,79%	372,18	Crescente	1,2			
Notebook		25,60%	0,01	Computador	22,1	"notebook"	Decrescente	0,8	213,160	113,98%	242,97	242,20%	516,28					
Receptor de TV por assinatura		18,90%	0,06	TV	100	"Receptor"	Estagnado	1	850,132	107,85%	916,88	144,79%	1230,94					
Conversor digital externo para TV aberta (aparelho que converte o sinal analógico em digital e conta com o auxílio da antena UHF)		14,50%	0,01	TV	100	"conversor digital"	Estagnado	1	168,224	107,85%	181,43	144,79%	243,58					
Telefone sem fio		6,40%	0,01	TV	100	"telefone sem fio"	Estagnado	1	71,028	107,85%	76,61	144,79%	102,84					
Videogame		5,70%	0,01	Computador	22,1	"videogame"	Estagnado	1	52,699	142,48%	75,08	242,20%	127,64					
DVD/Video/Blu-Ray		33,90%	0,00	TV	100	"aparelho de dvd"	Estagnado	1	24,918	107,85%	26,87	144,79%	36,08					
Tablet		8,20%	0,01	Computador	22,1	"tablet"	Decrescente	0,8	36,220	113,98%	41,28	242,20%	87,72					
Impressora		5,80%	0,00	Computador	22,1	"impressora"	Estagnado	1	2,782	142,48%	3,96	242,20%	6,74					
Projetores (Iluminação de jardim)	0,04%	0,44	Lampada	100	"iluminação de jardim"	Estagnado	1	13,997	69,29%	9,70	92,09%	12,89						
Fax	0,03%	0,00	TV	100	"fax"	Decrescente	0,8	0,024	86,28%	0,02	144,79%	0,03						
Receptor digital (aparelho que está associado diretamente à antenas parabólicas)	0,0%	0,04	TV	100	"Receptor"	Estagnado	1	0,000	107,85%	0,00	144,79%	0,00						
Motriz	Bebedouro / purificador / filtro	7,30%	0,12	Fritadeira Elétrica	7,2	"bebedouro"	Estagnado	1	694,577	167,11%	1160,71	524,99%	3646,46					
	Liquidificador	84,10%	0,01	Micro-ondas	58,1	"liquidificador"	Crescente	1,2	469,548	140,59%	660,13	211,96%	995,27					
	Portão Eletrônico	5,70%	0,07	Ar condicionado	17,66	"portão eletrônico"	Estagnado	1	328,730	163,73%	538,23	367,84%	1209,19					
	Multiprocessador	5,70%	0,01	Fritadeira Elétrica	7,2	"Multiprocessador"	Crescente	1,2	29,507	200,53%	59,17	524,99%	154,91					
	Aspirador de pó	13,90%	0,02	Ar condicionado	17,66	"aspirador de pó"	Crescente	1,2	219,474	196,47%	431,21	367,84%	807,31					
	Espremedor de frutas	14,60%	0,00	Fritadeira Elétrica	7,2	"espremedor"	Crescente	1,2	6,519	200,53%	13,07	524,99%	34,22					
	Furadeira	7,60%	0,00	Secadora de Roupa	1,3	"furadeira"	Crescente	1,2	24,232	547,53%	132,68	2939,08%	712,21					
	Enceradeira	1,00%	0,02	Ar condicionado	17,66	"enceradeira"	Estagnado	1	15,939	163,73%	26,10	367,84%	58,63					
	Batedeira	27,50%	0,00	Micro-ondas	58,1	"batedeira"	Crescente	1,2	27,562	140,59%	38,75	211,96%	58,42					
	Serra elétrica	0,07%	0,19	Fritadeira Elétrica	7,2	"serra elétrica"	Crescente	1,2	10,365	200,53%	20,79	524,99%	54,42					
	Lava jato alta pressão (máquina)	0,20%	0,06	Aquecedor de ambiente	0,63	"lavadora de alta pressão"	Estagnado	1	8,952	572,23%	51,22	2328,65%	208,46					
	Adega	0,04%	0,10	Freezer	20,7	"adega"	Crescente	1,2	3,284	141,89%	4,66	305,77%	10,04					
	Bomba d'água	0,30%	0,12	Aquecedor de ambiente	0,63	"bomba d'água"	Estagnado	1	28,252	572,23%	161,66	2328,65%	657,88					
	Ventilador de teto	11,56%	0,11	Ar condicionado	17,66	"Ventilador de teto"	Estagnado	1	994,895	163,73%	1628,93	367,84%	3659,59					
	Ventilador ou Circulador de ar	68,29%	0,13	Ar condicionado	17,66	"Circulador"	Estagnado	1	7221,339	163,73%	11823,42	367,84%	26562,76					
	Máquina de costura	0,50%	0,01	Máquina de lavar roupa	72,9	"maquina de costura"	Estagnado	1	4,373	116,82%	5,11	179,33%	7,84					
	Secadora de roupas centrífuga	0,30%	0,00	Secadora de Roupa	1,3	"secadora centrífuga"	Estagnado	1	0,569	456,28%	2,60	2939,08%	16,72					
	Filtro de Piscina	0,08%	0,03	Aquecedor de ambiente	0,63	"filtro de piscina"	Estagnado	1	1,631	572,23%	9,33	2328,65%	37,98					
	Triturador de lixo	0,03%	0,02	Freezer	20,7	"tritador de lixo"	Estagnado	1	0,577	118,24%	0,68	305,77%	1,76					
	Faca elétrica	0,06%	0,00	Fritadeira Elétrica	7,2	"faca elétrica"	Estagnado	1	0,221	167,11%	0,37	524,99%	1,16					
	Secador de Cabelo	27,60%	0,05	Chuveiro	100	"secador de cabelo"	Crescente	1,2	1048,372	137,76%	1444,19	184,32%	1932,35					
	Máquina de lavar louças	0,20%	0,31	Aquecedor de ambiente	0,63	"lava louças"	Crescente	1,2	48,740	686,68%	334,68	2328,65%	1134,97					
										18185,279	Total	27605,60	Total	60397,32				

