



Caminhos para a eficiência energética do ar- condicionado no Brasil

30 de junho de 2020

Equipe de pesquisa:

Carlos Alberto Manso e Felipe de Sousa Bastos

Resumo:

A comercialização do aparelho de ar-condicionado do tipo residencial (utilizado em residências e em pequenos comércios) no Brasil tem apresentado equipamentos, em sua maioria, de baixa eficiência energética se consideradas as tecnologias, tendências, padrões internacionais e necessidades ambientais. Como a participação do aparelho importado é apenas residual – muito devido à alta taxação, parte da estratégia comercial brasileira de promoção da produção doméstica por meio do protecionismo –, pode-se afirmar que a menor eficiência do ar-condicionado comercializado no país decorre de distorções do modelo nacional de produção, praticamente concentrado na Zona Franca de Manaus (ZFM), onde se instalaram as montadoras – quase todas multinacionais –, atraídas por incentivos tributários compensatórios. O principal problema é a exigência de compra de um compressor local para que as empresas obtenham esses benefícios fiscais; pois ocorre que o único fornecedor brasileiro tem disponibilizado um produto mais caro e menos eficiente, do ponto de vista energético, do que os concorrentes internacionais.

Isso se constitui, naturalmente, em uma importante barreira aos ganhos de eficiência energética devidos ao ar-condicionado no país, pois dificulta a implementação de políticas públicas de eficiência, nas quais se destacam medidas como a definição dos índices mínimos e mecanismos como a etiquetagem, que têm um papel crítico na mudança do mercado para aparelhos de ar-condicionado mais eficientes e mais econômicos para o consumidor. Alguns resultados recentes evidenciam a necessidade de elevação dos ganhos de eficiência desses equipamentos: entre 2005 e 2017, enquanto o consumo de energia elétrica em todo o setor residencial brasileiro cresceu algo próximo a 61,0%, o consumo devido aos condicionadores de ar teve expressivo aumento de quase 237,0%. Ou seja, melhorar a eficiência energética do ar-condicionado fabricado no Brasil é imprescindível para que a futura demanda por resfriamento ambiental não acarrete expressivos custos econômicos, sociais e ambientais.

Nesse sentido, este estudo realiza duas contribuições para a literatura sobre eficiência energética do ar-condicionado de baixa capacidade (tipo residencial) fabricado no Brasil. A primeira, é a enumeração das principais implicações socioeconômicas presentes na discussão sobre possíveis ajustes ao modelo de fabricação, os quais envolvem alterações na política industrial para melhorar as condições dos fabricantes de conversão de seus produtos para as classes mais altas de redução de consumo, como atualmente está proposto pela política de eficiência energética. A segunda contribuição é a estimativa de economia de energia – e seus correspondentes efeitos sobre o sistema elétrico nacional, consumidores e meio ambiente – decorrente de possíveis ganhos de eficiência dos aparelhos até 2035. A simulação foi feita a partir de uma amostra com 40 (quarenta) modelos do tipo *split*, os mais comercializados do país, com níveis de eficiência já testados com base na nova métrica sazonal, com a qual o INMETRO pretende avaliar todos os aparelhos a partir de 2021.

No cenário de maior expansão das vendas, a energia economizada chegaria a 87,9 bilhões de kWh, o equivalente a 64% de todo o consumo residencial brasileiro, em 2019, e ao consumo de 56 milhões de residências nesse mesmo ano. Esse valor representaria, ainda, 3,8 vezes a energia economizada por todas as ações do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) no ano de 2018. Com relação às emissões evitadas de CO₂, foram estimadas em 6,7 milhões de toneladas, valor próximo das emissões proporcionadas por 2,3 milhões de veículos durante um ano. Ademais, o valor dessa energia evitada se aproximaria dos R\$ 70 bilhões.

1. Introdução

O modelo de produção do aparelho de ar-condicionado do tipo residencial (de baixa capacidade, utilizado em residências e em pequenos comércios) no Brasil tem apresentado equipamentos, em sua maioria, de menor eficiência energética, se consideradas as tecnologias, tendências, padrões internacionais e necessidades ambientais. Essa fabricação ocorre, quase que inteiramente, na Zona Franca de Manaus (ZFM), onde se instalaram as montadoras, atraídas por incentivos tributários compensatórios. Entretanto, para serem concedidos esses benefícios fiscais, as empresas necessitam atender à exigência, pela política industrial estabelecida, de compra de conteúdo local, mesmo em um contexto de restrita oferta de compressores domésticos de alta eficiência – há apenas um único fornecedor no país, que tem disponibilizado um compressor menos eficiente, tanto pela tecnologia empregada, quanto pelo preço praticado, na relativização com os concorrentes internacionais.

Isso, obviamente, prejudica a produção de ar-condicionado mais eficiente do ponto de vista do consumo de energia, o que se traduz, assim, em uma importante barreira ao dificultar a implementação de políticas públicas de eficiência, como a definição de índices mínimos e mecanismos como a etiquetagem, os quais visam a adoção de uma métrica mais precisa sobre o consumo dos aparelhos e o estabelecimento de classes de eficiência compatíveis com os padrões internacionais. Essas medidas possuem um papel crítico na mudança do mercado para aparelhos de ar-condicionado mais eficientes e mais econômicos para o consumidor.

Alguns resultados recentes evidenciam a necessidade de elevação dos ganhos de eficiência do condicionador de ar no Brasil. Conforme estimativas presentes em EPE (2018), entre 2005 e 2017, enquanto o consumo de energia elétrica em todo o setor residencial brasileiro cresceu algo próximo a 61,0%, o consumo devido aos condicionadores de ar teve expressivo aumento de quase 237,0%. Em termos relativos, segundo EPE (2019b), a participação do ar-condicionado no consumo elétrico das residências passou de 6,7% em 2005 para 14,0% em 2018. Esses resultados são especialmente importantes se levarmos em conta a representação do setor residencial no consumo elétrico do Brasil, igual a 29,0% (137,6 TWh) em 2018; o setor comercial, no qual também há importante presença dos aparelhos de ar-condicionado, teve, nesse mesmo ano, consumo equivalente a 88,6 TWh (18,7% do total), conforme EPE (2019a). Ou seja, conjuntamente, os setores residencial e comercial responderam por quase metade de todo o consumo de energia do país¹.

Uma parte da elevação do consumo devido aos condicionadores de ar foi causada pelo chamado **efeito posse**, isto é, pela maior presença desses aparelhos nas residências e comércios. No caso específico dos domicílios, a posse desse equipamento, embora ainda seja pequena, passou de 0,16 para 0,22 aparelhos por unidade domiciliar, um crescimento de 37,5% entre 2005 e 2019. A elevação da renda

¹ Mais detalhes sobre os resultados apresentados no parágrafo podem ser consultados no Apêndice (G1 e G2) deste estudo.

das famílias é apontada como o fator principal para essa expansão do consumo de eletricidade², mas também contribuíram para o impulsionamento da demanda por ar-condicionado no Brasil o aumento da população, a maior urbanização e a suscetibilidade do país aos efeitos das mudanças climáticas, as quais aumentam a frequência de temperaturas mais altas, tornando o resfriamento ambiental uma questão de saúde, como destacado em SCHIERMEIER (2018).

Assim, ficou evidenciada uma demanda reprimida por conforto ambiental, o qual, inclusive, está, segundo IEA (2018), contribuindo, cada vez mais, para o aumento da procura mundial por energia. Nessa direção, relacionando-se ao aumento da demanda por ar-condicionado no setor comercial, esse aspecto de saúde está presente na norma regulamentadora brasileira (NR-17), sobre itens de segurança em ergonomia, incluindo condições ambientais de trabalho³. Outra razão para a maior procura por condicionadores de ar nos comércios é que o conforto térmico dos estabelecimentos é importante para o aumento das vendas, como mostram BAHNG e KINCADE (2012), em análise sobre o mercado varejista.

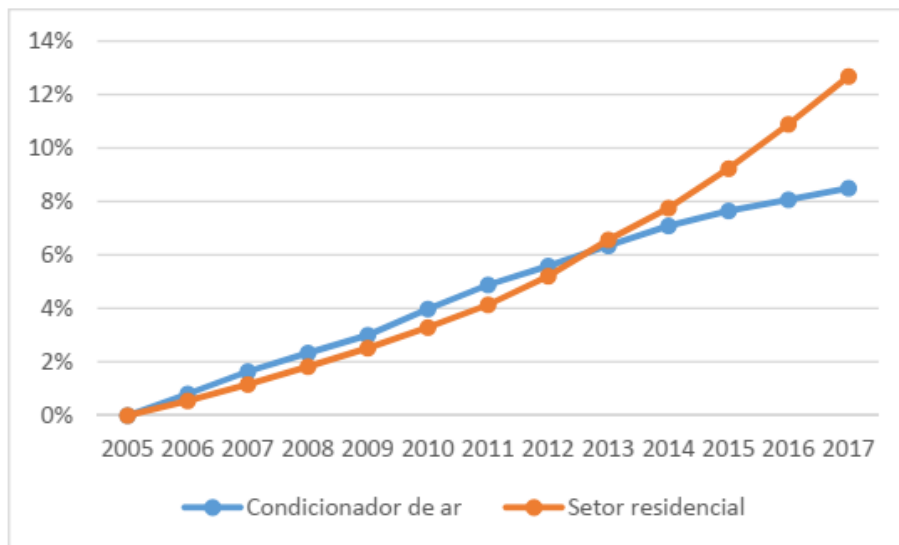
Um segundo efeito relacionado à variação do consumo elétrico é conhecido como **intensidade**, isto é, o ganho de **eficiência energética**, que pode ser entendido como a energia que é evitada ao substituir tecnologias ou mudar hábitos de uso dos equipamentos. Assim, enquanto no efeito posse o consumo elétrico cresce com o aumento do número de aparelhos, no ganho de eficiência ocorre redução do consumo pela menor necessidade de energia. A soma desses efeitos, posse e eficiência, é, portanto, a variação do consumo.

No caso do ar-condicionado residencial, como visto, a variação do consumo de 2005 a 2017 foi positiva – aumento de 237,0% –, o que significa que o efeito posse teve magnitude superior à do ganho de eficiência. Como mostrado no Gráfico 1, obtido em EPE (2018), nesse período de 2005 a 2017, os ganhos acumulados de eficiência energética relativos ao ar-condicionado foram próximos a 8%, enquanto no setor residencial foram muito maiores, quase 13%. Nessa direção, a decomposição apresentada em EPE (2019b), para o período de 2005 a 2018, corrobora esse resultado de menor desempenho relativo dos condicionadores de ar, mostrando que o efeito posse foi, em valores absolutos, quase duas vezes maior do que o ganho de eficiência.

² Ressalte-se que, embora o Brasil tenha experimentado, recentemente, a pior recessão econômica de sua história, houve subperíodos de forte expansão da renda pessoal no período considerado.

³ (...) Nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendadas as seguintes condições de conforto: a) níveis de ruído de acordo com o estabelecido na NBR 10152, norma brasileira registrada no Inmetro; b) índice de temperatura efetiva entre 20°C (vinte) e 23°C (vinte e três graus centígrados); c) velocidade do ar não superior a 0,75 m/s; d) umidade relativa do ar não inferior a 40 (quarenta) por cento.

Gráfico 1: Ganhos acumulados de eficiência energética, Brasil, 2005 a 2017



Fonte: EPE (2018).

A Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) estimava, antes da crise econômica provocada pela pandemia do covid-19, uma expressiva elevação da posse dos condicionadores de ar, projetando que 60% dos domicílios brasileiros teriam ao menos um aparelho desse tipo em 2030 (atualmente, esse percentual está entre 15 e 20%). Como o crescimento econômico é um dos fatores mais importantes para explicar a demanda por ar-condicionado, espera-se que a expansão das vendas não seja tão significativa como no cenário projetado pela EPE (como dito, construído antes da pandemia), afinal, ao menos no curto prazo, a renda pessoal deverá sofrer forte retração. Por outro lado, os demais fatores impulsionadores da demanda – crescimento populacional, maior urbanização e resfriamento ambiental como questão de conforto e de saúde – deverão seguir sendo observados nos próximos anos. Além disso, as novas relações de trabalho, ampliando atividades do tipo *home office*, e a expansão da rede de atendimento hospitalar deverão colaborar para o aumento da demanda por condicionadores de ar do tipo residencial e compensar, em parte, a retração nas vendas devida à crise internacional.

Com maior ou menor intensidade, o importante é que qualquer perspectiva de crescimento da demanda por condicionamento de ar determina que a energia necessária para atender a essa procura também continuará crescendo. Por outro lado, as diferenças de impactos dos efeitos posse e intensidade dos últimos anos demonstram que maiores ganhos de eficiência terão de ser buscados, sob risco de o país não apresentar redução significativa do consumo de energia elétrica e sofrer, com isso, os correspondentes impactos negativos sobre a sociedade, a economia e o meio ambiente.

Nesse sentido, é preciso compreender as implicações socioeconômicas presentes na discussão sobre quais ajustes seriam necessários para elevar os ganhos de eficiência dos condicionadores de ar do tipo residencial. É exatamente disso que se ocupa este estudo. Além disso, o presente trabalho contribui

para a literatura ao estimar a economia de energia – e seus correspondentes efeitos sobre o sistema elétrico nacional, consumidores e meio ambiente – decorrente de possíveis ganhos de eficiência até o ano de 2035 em aparelhos tipo *split*, os mais comercializados do país.

Para tanto, essa pesquisa está organizada como se segue. Além desta seção introdutória, há uma seção dedicada aos diversos aspectos da eficiência energética, com o objetivo de deixar mais claro como poderá ser atendida a necessidade adicional de energia, decorrente da intensificação do uso de ar-condicionado, e à exigência de maior eficiência energética desses aparelhos para mitigação dos correspondentes efeitos negativos, tanto socioeconômicos quanto ambientais. Na sequência, há uma seção com a simulação feita a partir de uma amostra de aparelhos do tipo *split*, com previsões sobre a energia evitada pela maior eficiência destes. Há ainda uma seção com as implicações socioeconômicas dos ajustes necessários para o crescimento dos ganhos de eficiência do ar-condicionado, além de uma seção com as considerações finais.

2. Eficiência energética

Como visto, mesmo com a atual e grave crise econômica, a posse dos aparelhos de ar-condicionado deve aumentar nos próximos anos – claro, em um ritmo bem menor do que se projetara antes da pandemia do covid-19 –, e essa maior procura por climatização artificial vai causar impactos importantes sobre o sistema elétrico nacional ao elevar a necessidade de geração e distribuição de energia, inclusive nos horários de pico, uma vez que o uso do ar-condicionado recai diretamente sobre os horários de ponta do sistema, seja na classe residencial (17 às 22 h), seja na classe comercial (14 às 17 h). EPE (2018) e EPE (2019b).

Ademais, o aumento da demanda por resfriamento (como já observado, trata-se de uma questão de conforto e de saúde, ou seja, um serviço essencial), além de sobrecarregar o sistema elétrico, ampliará a poluição e as emissões de gases do efeito estufa – condicionadores de ar no Brasil usam HCFCs e HFCs, gases refrigerantes de alto potencial de aquecimento global –; ressalte-se ainda que, quando a demanda adicional por climatização é atendida principalmente por usinas térmicas, há sempre um expressivo aumento das emissões de carbono (EPE, 2018).

Com relação à demanda adicional por energia, há, de forma genérica, três formas de se realizar o atendimento: (i) utilizando o sistema atual, isto é, elevando a capacidade de geração e de distribuição; (ii) executando investimentos em novas usinas; e (iii) promovendo eficiência energética.

No caso da primeira opção, deve-se notar que o setor elétrico brasileiro tem apresentado um grave e persistente problema: o esgotamento do seu modelo tradicional de operação e expansão. Sobre isso, seguindo BICALHO (2018), algumas reflexões podem ser feitas. Como se sabe, no tradicional modelo de geração e expansão, os reservatórios são utilizados para regularização das vazões dos rios. Porém,

diversos fatores técnicos, ambientais, sociais e políticos têm restringido a construção de novos reservatórios. Assim, há um permanente risco para as usinas hidrelétricas: não havendo chuva suficiente, pode não haver água necessária para geração de energia na quantidade desejada. Por causa disso, ao longo das últimas décadas, os problemas estruturais do setor elétrico são revelados na forma de aumentos continuados de tarifas, queda da qualidade do serviço, permanente ameaça de crise e alto índice de judicialização, dentre outros. Esse contexto, portanto, parece desestimular o aumento da capacidade de geração e distribuição do sistema atual para atendimento à demanda adicional por energia, decorrente da maior utilização de condicionadores de ar.

Em relação à segunda opção, isto é, execução de investimentos em novas usinas, o cenário econômico atual não é favorável, pois nele se observa o menor nível de investimentos públicos de toda a série histórica. Além disso, esse quadro será potencializado, obviamente, pela crise mundial devida ao covid-19, momento no qual é esperado que governos destinem mais recursos para o combate à crise, com transferências de renda e saúde pública, do que para investimentos (PIRES, 2020).

Dessa forma, um caminho para atendimento à demanda adicional de energia causada pela ampliação da posse de ar-condicionado no Brasil é o da eficiência energética, que, como observado em KIGALI (2020), tem uma interessante relação custo-benefício na diminuição do impacto que os condicionadores de ar têm nos gastos com a operação do Sistema Interligado Nacional (SIN) e no meio ambiente. A razão para isso é que, como em BICALHO (2018), a eficiência energética ocorre sem geração adicional de energia, ou seja, sem demandar novos reservatórios e, ainda, sem emissão de gases de efeito estufa (os quais aumentam a temperatura média do planeta, provocando impactantes efeitos ambientais, como furacões, chuvas e secas severas, elevação do nível do mar, dentre outros).

Sobre isso, existem três maneiras de se conseguir eficiência energética e mitigar os correspondentes impactos sociais e ambientais⁴:

- Geração eficiente de energia, isto é, menor utilização de recursos naturais, como água, gás natural, petróleo, sol e vento;
- Transporte mais eficiente de energia, reduzindo perdas da usina para os consumidores;
- Consumo mais eficiente de energia (aparelhos).

No caso dos aparelhos, escopo deste estudo, existe uma excelente oportunidade na utilização de componentes mais eficientes do ponto de vista energético; afinal, o modelo atual de fabricação no Brasil é impactado pela exigência de conteúdo local, em uma restrita oferta de compressores domésticos de alta eficiência. Da mesma forma, possibilidades de redução do consumo de energia também estão presentes nas políticas de eficiência energética, nas quais se destacam medidas como a definição dos

⁴ Disponível em: <https://iei-brasil.org/2019/08/06/video-os-beneficios-da-eficiencia-energetica/?gclid=EAIaIQobChMIk__y2IW26QIVeGWRCh1-tQ2HEAAYASAAEgLCTfD_BwE>. Acesso em: maio de 2020.

índices mínimos e mecanismos como a etiquetagem⁵, que têm um papel crítico na mudança do mercado para aparelhos de ar-condicionado mais eficientes e mais econômicos para o consumidor (do ponto de vista do custo do ciclo de vida); EPE (2019b). Esses possíveis ganhos de eficiência são imprescindíveis para que, como observado em IEA (2018), a demanda por resfriamento ambiental não acarrete expressivos custos econômicos, sociais e ambientais.

Nesse sentido, algumas observações devem ser feitas, seguindo EPE (2019b). Relativamente aos índices mínimos de desempenho energético, o Brasil os define em termos de EER (*Energy Efficiency Ratio* – Índice de Eficiência Energética), que compara o desempenho dos aparelhos com base em uma temperatura interna e externa fixa, com o objetivo de simular as condições sob as quais o ar-condicionado está operando em plena capacidade. No entanto, para uma medição mais representativa do consumo de energia desse tipo de aparelho, é recomendado que se incorporem variações sazonais e diferentes condições operacionais. Isso pode ser conseguido por meio da chamada métrica sazonal, a qual utiliza um SEER (*Seasonal Energy Efficiency Ratio* – Índice de Eficiência Energética Sazonal) ou um CSPF (*Cooling Seasonal Performance Factor* – Fator de Desempenho Sazonal de Resfriamento) e está sendo adotada em diversos países que estão modificando seus padrões mínimos de desempenho energético e alterando a etiquetagem de energia dos condicionadores de ar⁶.

Além da necessidade de uma nova métrica, que inclua as variações sazonais e as diversas condições operacionais, outro ponto imprescindível para adequação aos padrões internacionais de eficiência de energia do ar-condicionado é a mudança de etiquetagem. Embora a última atualização no Brasil tenha sido realizada recentemente, em agosto de 2018, o novo padrão mínimo ficou tão somente 14% acima daqueles que vigoravam desde 2011. Além disso, a eficiência média dos atuais equipamentos tipo *split* é de 3,20 W/W, e o novo patamar proposto, igual a apenas 3,02 W/W. Ou seja, esse padrão mínimo é muito baixo e, portanto, não cumprirá o propósito fundamental de remover do mercado os produtos menos eficientes, e muito dificilmente produzirá algum efeito no sentido de estimular maiores ganhos de eficiência nos condicionadores de ar fabricados no país (KIGALI, 2020).

Com essa percepção, após algumas rodadas de discussões com os atores envolvidos no tema da eficiência energética em aparelhos de ar-condicionado no Brasil, o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia), responsável pela regulação, lançou uma Consulta Pública⁷

⁵ A Lei nº 10.295, conhecida como Lei de Eficiência Energética, determina um Padrão Mínimo de Eficiência Energética (PMEE) de aparelhos consumidores de energia fabricados e comercializados no Brasil. Detalhes em MME (2017). Sobre etiquetagem, sugere-se KIGALI (2019).

⁶ Países da União Europeia, além de Índia, China, Vietnã e Tailândia, por exemplo. Detalhes em KIGALI (2019).

⁷ Consulta Pública nº 1, de 27 de janeiro de 2020. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/web/dou/-/consulta-publica-n-1-de-27-de-janeiro-de-2020-241574766>>. Acesso em: maio de 2020.

propondo uma nova definição de classes para condicionadores do tipo *Split*⁸, objetivando, com isso, estimular maiores ganhos de eficiência na fabricação desses equipamentos, possibilitando, ao menos, três importantes avanços no mercado:

- Decisões de compra dos **consumidores** mais fundamentadas, com clara diferenciação dos níveis de eficiência dos diversos modelos;
- Estímulo aos **fabricantes** para produção e comercialização de modelos mais eficientes, uma vez que ficariam mais evidentes seus diferenciais competitivos. Ao mesmo tempo, desincentivo à fabricação de modelos muito ineficientes, pelo estabelecimento de melhores padrões mínimos de desempenho energético;
- Apoio ao **desenho de políticas públicas** – notadamente, financiamento e incentivos (à inovação, fiscais e creditícios) –, pela diferenciação mais precisa dos vários níveis de eficiência que podem ser alcançados pelos fabricantes.

Esses avanços buscados pelo INMETRO, entretanto, necessitam de integração com a política industrial, a qual, como afirmado anteriormente, tem provocado grave distorção ao exigir dos fabricantes um conteúdo local em um quadro de limitada oferta de compressores nacionais de alta eficiência. Ou seja, não há um correto incentivo à utilização da tecnologia do inversor no compressor, o que poderia, segundo LIMA (2017), reduzir em até 40% o consumo de energia do ar-condicionado. Esse ponto da integração entre políticas de eficiência energética e industrial será tratado com mais profundidade posteriormente, na seção Escolhas deste estudo.

Retornando à política de eficiência energética, tem-se que, a partir da grande experiência que o Brasil possui com MEPS e etiquetas e, como observado em KIGALI (2019), dado que o Programa Brasileiro de Etiquetagem e o Selo PROCEL, já são bem compreendidos e reconhecidos pelo consumidor e, por isso mesmo, capazes de alterar o comportamento dos fabricantes, há um interessante espaço para a melhoria significativa da eficiência do ar-condicionado *split* no país, e um caminho para isso são as revisões desses programas. A proposta de nova etiquetagem pelo INMETRO está sintetizada na Tabela 1.

Esse espaço para implementação das políticas de eficiência energética fica mais claro se observarmos os benefícios correspondentes, uma vez que eles se relacionam com o **custo ao sistema elétrico** – segundo PROCEL (2019), apenas em 2018, por causa das ações do programa⁹ para o uso eficiente da energia elétrica, evitou-se um custo ao sistema de aproximadamente R\$ 5,4 bilhões –, com a **renda do consumidor** – na simulação presente em KIGALI (2020) os benefícios para o consumidor (preço

⁸ O tipo *Split* é o mais vendido e o de maior posse no mercado brasileiro. No Apêndice (G3 e G4), há evidências sobre essas afirmações.

⁹ Dentre essas ações citadas estão o Selo Procel de eficiência energética, bem como iniciativas que alcançam diversos setores da economia nacional, como as relacionadas a indústria, saneamento, edificações, iluminação pública e educação. Detalhes em PROCEL, 2019.

do equipamento e, principalmente, economia na conta de energia), acumulados até 2035, foram estimados em R\$ 27 bilhões – e com o **meio ambiente** – PROCEL (2019) considerou que foram evitados quase 2 milhões de emissões de tCO₂ equivalente apenas em 2018 e tão somente com as ações do programa (considerando fator igual a 0,074 tCO₂/MWh, do ano de 2018), enquanto na simulação feita por KIGALI (2000) deixariam de ocorrer, de 2021 a 2035, cerca de 60 milhões de toneladas de emissões CO₂, considerando um fator marginal de carbono de 0,356 kg/kWh¹⁰.

Nessa linha, na próxima seção será apresentado um estudo de caso com os modelos de ar-condicionado *split* que já foram testados com a nova métrica sazonal, pelo INMETRO, em uma simulação que busca quantificar os benefícios sobre a sociedade (sistema elétrico, meio ambiente e consumidor), considerando diferentes cenários para a posse e para os ganhos de eficiência energética desse tipo de aparelho.

¹⁰ Para efeito de comparação, o total de emissões do Brasil foi de 1,9 giga tonelada de carbono equivalente (GtCO₂eq) em 2018, de acordo com os números do Seeg (Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa). Essa quantidade representa 3,4% das emissões globais e coloca o país como o sétimo maior emissor do mundo.

Tabela 1: Definição de Classes – Condicionadores de ar *split* – Consulta Pública nº 1 (INMETRO, 2020)

ATUAL		Consulta Pública nº 1 – INMETRO																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Classes</th> <th colspan="2">Coeficiente de eficiência energética (W/W)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>3,23</td> <td><CEE</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>3,02</td> <td><CEE≤ 3,23</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>2,81</td> <td><CEE≤ 3,02</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>2,60</td> <td>≤CEE≤ 2,81</td> </tr> </tbody> </table>		Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W)		A	3,23	<CEE	B	3,02	<CEE≤ 3,23	C	2,81	<CEE≤ 3,02	D	2,60	≤CEE≤ 2,81	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">JUNHO DE 2022</th> </tr> <tr> <th>CLASSES</th> <th>Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal – IDRS (W/W)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>≥ 5,50</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>≥ 5,00</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>≥ 4,50</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>≥ 4,00</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>≥ 3,50</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>≥ 3,14</td> </tr> </tbody> </table>		JUNHO DE 2022		CLASSES	Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal – IDRS (W/W)	A	≥ 5,50	B	≥ 5,00	C	≥ 4,50	D	≥ 4,00	E	≥ 3,50	F	≥ 3,14
		Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W)																															
A	3,23	<CEE																																
B	3,02	<CEE≤ 3,23																																
C	2,81	<CEE≤ 3,02																																
D	2,60	≤CEE≤ 2,81																																
JUNHO DE 2022																																		
CLASSES	Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal – IDRS (W/W)																																	
A	≥ 5,50																																	
B	≥ 5,00																																	
C	≥ 4,50																																	
D	≥ 4,00																																	
E	≥ 3,50																																	
F	≥ 3,14																																	
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">JUNHO DE 2025</th> </tr> <tr> <th>CLASSES</th> <th>Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal – IDRS (W/W)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>≥ 7,00</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>≥ 6,50</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>≥ 6,00</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>≥ 5,00</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>≥ 4,00</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>≥ 3,50</td> </tr> </tbody> </table>		JUNHO DE 2025		CLASSES	Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal – IDRS (W/W)	A	≥ 7,00	B	≥ 6,50	C	≥ 6,00	D	≥ 5,00	E	≥ 4,00	F	≥ 3,50															
JUNHO DE 2025																																		
CLASSES	Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal – IDRS (W/W)																																	
A	≥ 7,00																																	
B	≥ 6,50																																	
C	≥ 6,00																																	
D	≥ 5,00																																	
E	≥ 4,00																																	
F	≥ 3,50																																	

Fonte: Elaboração própria a partir de Consulta Pública nº 1, de 27 de janeiro de 2020. disponível em: <<http://www.in.gov.br/web/dou/-/consulta-publica-n-1-de-27-de-janeiro-de-2020-241574766>>. Acesso em: maio de 2020

3. Estimando impactos de condicionadores de ar testados com a nova métrica do INMETRO

Na tentativa de se entender melhor a relação entre o consumo do ar-condicionado do tipo residencial, o efeito posse e os ganhos de eficiência, esta seção apresenta uma simulação que estima impactos sobre o sistema elétrico, meio ambiente e consumidor, a partir de uma amostra com 40 (quarenta) modelos de condicionadores de ar do tipo *split* – dos quais, 6 (seis) com rotação fixa e 34 (trinta e quatro) com rotação variável –, já testados com a métrica sazonal, proposta pelo INMETRO para ser adotada no país a partir de 2021.

Para o cálculo do consumo dos equipamentos, utilizou-se o Modelo para a Projeção de Energia do Setor Residencial (MSR), da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), segundo o qual:

$$CT = \frac{c}{COP} \cdot h \cdot n$$

em que *c* é a capacidade de refrigeração (W); **COP** é o coeficiente de desempenho médio (W/W) – obtido, na simulação, pela média ponderada dos Índices de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS) –; *h* é o número de horas de uso por ano; e *n* é a quantidade de equipamentos vendidos. Dois desses parâmetros foram fixados, o **número de horas de uso por ano (h)**, igual a 2.910 h/ano (aproximadamente 8 h/dia), seguindo KIGALI (2020), e *c*, a capacidade de refrigeração de um aparelho com 12.000 Btu/h (*c* = 3.516 W), muito utilizado em residências e comércios, atendendo ao escopo deste estudo. Sobre os outros dois parâmetros, a **quantidade de equipamentos vendidos, n**, variou arbitrariamente de acordo com diferentes cenários de crescimento das vendas dos aparelhos *split* no Brasil, capturando o efeito posse; e o **coeficiente de desempenho médio, COP**, que captura o efeito intensidade, ou eficiência energética, variou de acordo com os cenários escolhidos. Os demais pressupostos e *inputs* para o modelo foram os seguintes:

- Ar-condicionado com uso final residencial ou comercial (consumo de 85% para residencial e 15% para comercial), seguindo KIGALI (2020);
- Vida útil do aparelho igual a 10 anos (ou seja, a cada 10 anos os aparelhos são retirados da amostra), seguindo KIGALI (2020);
- Preço da eletricidade: 0,7792 R\$/kWh, seguindo KIGALI (2020);
- Fator de emissão¹¹ de CO₂: 0,075 tCO₂/MWh;
- Taxa de desconto (residencial + comercial): 7,20%, seguindo KIGALI (2020);

¹¹ Utilizou-se o fator de emissão médio de CO₂ equivalente disponibilizado em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html para o ano de 2019>.

- IDRS (Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal) de partida: 5,1471, o que o incluiria na Classe B, em 2022, e na Classe D, em 2025, na nova etiquetagem proposta pelo INMETRO (CSPF com os *bin numbers* da ISO 16358-1: 2013);
- Estoque inicial: 10,9 milhões (estimado a partir da PPH: posse de ar-condicionado), PNAD Contínua (número de domicílios)¹²;

O horizonte temporal adotado foi o ano de 2035, seguindo EPE (2018), isto é, utilizando a mesma argumentação, de que está compatível com as três metas acordadas internacionalmente pelo Brasil: o Acordo de Paris, por meio da Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil; os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com metas estabelecidas para temas como pobreza, saúde, educação, energia sustentável e segurança alimentar, dentre outras, as quais devem ser atingidas até 2030; e a Emenda de Kigali, do Protocolo de Montreal, que prevê reduções na produção de gases refrigerantes responsáveis pelo aquecimento global.

Para análise comparativa, foi considerado o cenário base, denominado **Atual**, refletindo a hipótese de que os ganhos de eficiência nos novos aparelhos de ar-condicionado ocorreriam devido às ações já aprovadas pelo governo brasileiro ou em decorrência de um crescimento autônomo. Considera-se nesse cenário, por exemplo, os efeitos da Portaria Interministerial MME/MCT/MDIC nº 2, de 31 de julho de 2018, que estabeleceu novos índices de eficiência energética que devem ser implementados até junho de 2020. Seguindo EPE (2018), considera-se, aqui, um ganho de eficiência energética de 1,5% ao ano, entre 2019 e 2020, e de 0,5% ao ano, após esse período – esta taxa de 0,5% ao ano decorre da média histórica que expressa os ganhos devidos à competição de mercado e a ações como a revisão das classes de eficiência dos equipamentos nas etiquetas comparativas do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

Os demais cenários foram determinados pela taxa anual de crescimento da eficiência do ar-condicionado para atingir classes mais altas – lembrando que o IDRS de partida, igual a 5,1471, incluiria o aparelho médio na Classe B em 2022 e na Classe D em 2025 –, ou seja, os ganhos de eficiência levariam os equipamentos para as classes **C (taxa anual de crescimento até 2035 igual a 1,25%), B (taxa anual de crescimento até 2035 igual a 1,75%) e A (taxa anual de crescimento até 2035 igual a 2,00%)**. Dessa forma, nesses três cenários (chamados simplesmente de **A, B e C**), considera-se crescimento igual ao do cenário Atual até 2020, com o argumento de que a partir de 2021, sendo aprovada a nova etiquetagem proposta pelo INMETRO, os esforços dos fabricantes para cumprir a regulamentação já teriam efeitos sobre a eficiência dos aparelhos.

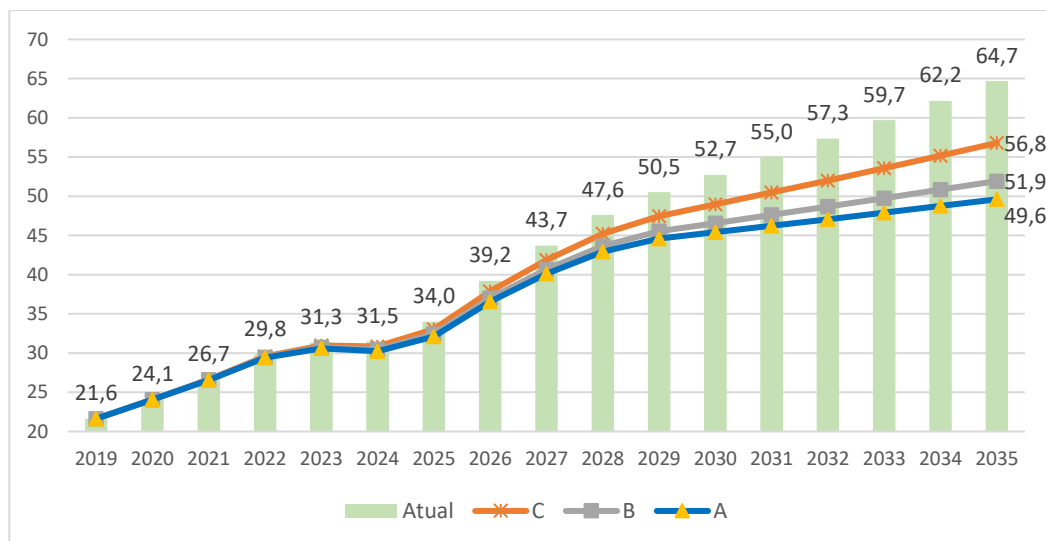
Com relação aos cenários de crescimento das vendas dos aparelhos *split* no Brasil, foi definido o seguinte: taxas anuais de crescimento iguais a 1,0%, 2,0% e 3,0%. Esses valores estão inferiores aos

¹² Pesquisa de Posse e Hábitos de Consumo de Energia (PPH), realizada pela Eletrobras, e Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua), realizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

considerados em KIGALI (2020), que estimou crescimento das vendas igual a 4,7% ao ano, uma vez que essa previsão foi feita antes da crise econômica provocada pelo covid-19, a qual certamente terá reflexos negativos sobre o setor, ao menos no curto prazo. Levou-se também em consideração que, embora as vendas de ar-condicionado tenham crescido significativamente (quase 20% ao ano), de 2016 a 2018, no período maior, de 2010 a 2018, a taxa anual média de crescimento foi de apenas 0,63%¹³. Assim, optou-se por cenários mais conservadores para a expansão das vendas.

Em termos dos resultados, tem-se no Gráfico 2 a evolução do consumo em cada cenário de eficiência, A, B e C. No Gráfico 3, por sua vez, é mostrada a energia evitada em cada ano, enquanto no Gráfico 4 é apresentada a energia evitada acumulada, ano após ano – ou seja, em 2035 tem-se o total de energia evitada pelos ganhos de eficiência. Esses Gráficos 2, 3 e 4 foram construídos considerando-se uma taxa anual de crescimento das vendas igual a 3,0%. Os gráficos correspondentes das outras previsões de vendas estão no Apêndice desse estudo – Gráficos G6.1, G6.2, G6.3, G7.1, G7.2 e G7.3.

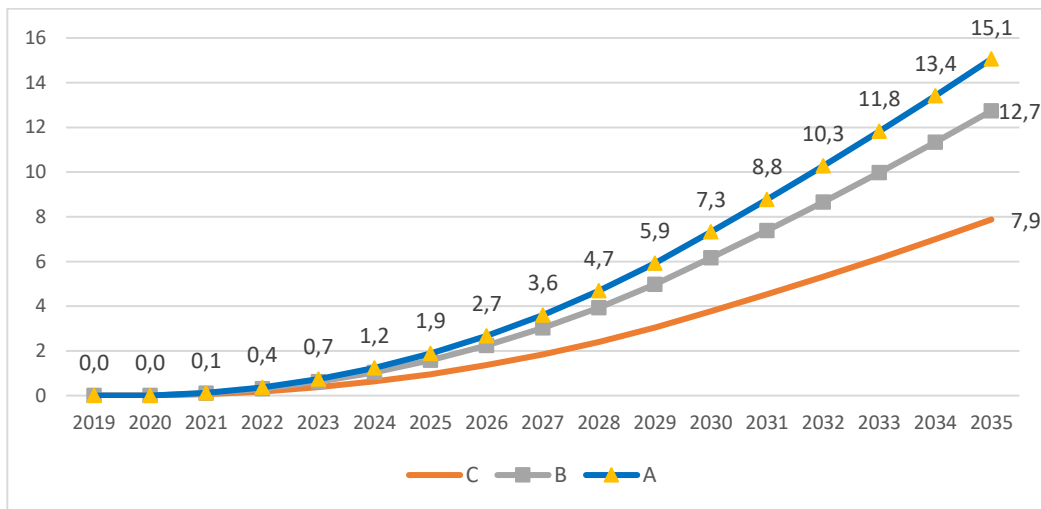
Gráfico 2: Evolução do Consumo (TWh) – Cenários Atual, A, B e C, com Taxa Anual de Crescimento de Vendas igual a 3,0%



Fonte: Elaboração própria.

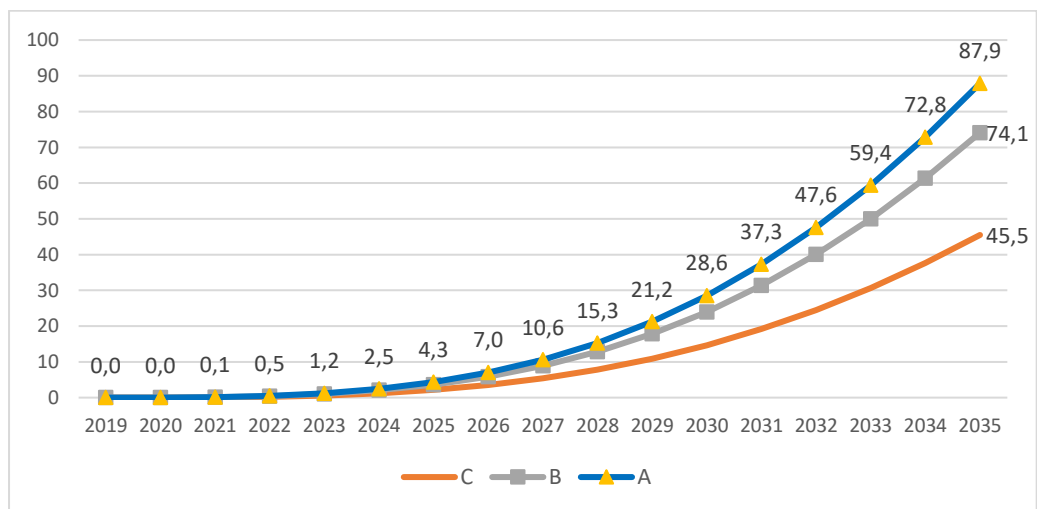
¹³ Consultar Apêndice (G5).

Gráfico 3: Energia Evitada Anual (TWh) – Cenários Atual, A, B e C, com Taxa Anual de Crescimento de Vendas igual a 3,0%



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 4: Energia Evitada Acumulada (TWh) – Cenários Atual, A, B e C, com Taxa Anual de Crescimento de Vendas igual a 3,0%



Fonte: Elaboração própria.

Assim, tem-se os seguintes principais resultados, considerando-se o cenário com mais ganhos de eficiência (equipamento médio atingiria a nova Classe A em 2035) e a maior posse (vendas crescendo a 3,0% ao ano):

- **Energia economizada (bilhões de kWh):** 87,9. Equivalente a 64% de todo o consumo residencial brasileiro em 2019 ou ao consumo de 56 milhões de residências¹⁴ neste ano. Ou, ainda, 3,8 vezes a energia economizada por todas as ações do PROCEL em 2018¹⁵;
- **Emissão de CO₂ equivalente evitada (milhão tCO_{2e}):** 6,7 milhões, correspondente a emissões proporcionadas por 2,3 milhões de veículos durante um ano¹⁶;
- **Valor energia evitada(R\$)**¹⁷: R\$ 68,5 bilhões.

Percebe-se, então, que os ganhos de eficiência no ar-condicionado têm potencial para provocar importantes impactos sobre o sistema elétrico, a renda disponível para a sociedade e o meio ambiente. Ademais, existe outro aspecto igualmente relevante que precisa ser destacado: eficiência energética também está diretamente relacionada ao lucro das empresas, pelo deslocamento da função de produção devido à mudança tecnológica, afetando as estruturas de receita (equipamentos mais eficientes poderiam gerar mais vendas) e de despesa (custos novos, envolvidos na conversão para aparelhos mais eficientes). Ou seja, eficiência energética guarda estreita relação com **eficiência produtiva**.

Dessa forma, pode-se afirmar que eficiência energética é um importante fator de **competitividade**, uma vez que ela estimula o avanço tecnológico, além de se relacionar com a estrutura de receitas e de custos dos fabricantes e com a diminuição dos custos de geração de energia, as quais possuem rebatimentos diretos na renda pessoal, no sistema elétrico, nas empresas e no meio ambiente.

Nesse sentido, é importante refletir em que medida as políticas de eficiência energética deveriam estar integradas à política industrial, observados, naturalmente, os benefícios e custos dessa integração. A próxima seção apresenta algumas considerações sobre a implementação dessas políticas, de forma isolada ou combinadas. O objetivo é subsidiar as decisões sobre quais ajustes de política industrial e de política de eficiência energética devem ser buscados para atingimento das metas de redução do consumo devido ao ar-condicionado residencial no Brasil.

¹⁴ Considerando que o consumo médio de energia de uma residência no Brasil é de 157 kWh por mês (Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica, ano XII, nº 136, janeiro de 2019, EPE).

¹⁵ Como dito anteriormente, com as ações do PROCEL em 2018, foram economizados 22,99 bilhões de kWh (PROCEL, 2019).

¹⁶ Seguindo PROCEL (2019), com a citação “Conforme 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories e consulta a especialistas da área.”

¹⁷ Considerando preço da energia igual a 0,7792 R\$/kWh, como em KIGALI (2020). Os valores foram trazidos para 2019, início da série da simulação pela taxa de desconto igual a 7,20%, como em KIGALI (2020).

4. Escolhas

De forma resumida, pode-se dizer que a narrativa do estudo até aqui ressaltou a preocupação com o aumento do consumo do ar-condicionado tipo residencial, decorrente do efeito posse – isto é, da maior procura por climatização artificial – e do menor nível de eficiência desses aparelhos. Como é esperado que a demanda por conforto térmico siga crescendo nos próximos anos – sempre ressaltando que em um ritmo bem abaixo das expectativas feitas antes da pandemia do covid-19 –, algo deveria ser feito para direcionar o mercado para equipamentos mais eficientes do ponto de vista energético; para isso, duas medidas foram sugeridas: **elevação dos padrões mínimos de eficiência**, com a correspondente alteração para métrica sazonal (o que já está previsto pelo INMETRO), e **mudanças na etiquetagem**, que adequaria o Brasil às definições adotadas internacionalmente. Essas ações produziriam impactos positivos sobre o sistema elétrico, meio ambiente, renda do consumidor, e estimulariam o avanço tecnológico nos processos de fabricação dos condicionadores de ar.

Por outro lado, como a implementação dessas medidas de **eficiência energética** afeta a estrutura de receitas e despesas das empresas, é recomendável, também, se pensar sobre o desenho de ações para obtenção de maiores ganhos de **eficiência produtiva**, e, assim, considerar as principais implicações econômicas e sociais desses dois caminhos, integrados ou isolados, o que será feito nesta seção.

Essas escolhas de políticas teriam como objetivo, logicamente, corrigir as distorções observadas no modelo de fabricação do ar-condicionado residencial no Brasil, que tem produzido equipamentos, em sua maioria, de baixa eficiência energética, se consideradas as tecnologias, tendências, padrões internacionais e necessidades ambientais – sobre isso, inclusive, em EPE (2019b), há dois pontos importantes: (i) o ar-condicionado médio no mercado brasileiro tem uma eficiência muito menor do que o modelo normalmente disponível; e (ii) até mesmo o melhor modelo está bem abaixo da melhor tecnologia presente no mercado global.

Assim, relativamente às causas da ineficiência do ar-condicionado, as quais muito provavelmente seriam mitigadas por ajustes nas política industrial e energética, alguns pontos podem ser mencionados, seguindo, principalmente, o observado em KIGALI (2018), estudo que utilizou entrevistas com diversos *stakeholders* sobre as dificuldades para se melhorar a eficiência energética do ar-condicionado no país:

- **A carga tributária sobre aparelhos de ar-condicionado importados e os benefícios tributários da Zona Franca de Manaus (ZFM) tornam o equipamento nacional muito mais acessível, mas submetido à exigência de conteúdo local na aquisição do compressor:** a alta taxa de produtos importados faz parte da estratégia comercial brasileira de promoção da produção doméstica com protecionismo¹⁸. No Gráfico G8 do Apêndice deste estudo, está apresentada a evolução das importações de equipamentos do tipo *split* no Brasil, de 2011 a 2019, a partir de

¹⁸ Para leitura mais aprofundada, sugere-se IPEA (2017).

dados da SUFRAMA (Superintendência da Zona Franca de Manaus), na qual se observa que as compras no exterior passaram de 1,7 milhões de unidades em 2011 para apenas 48 mil em 2019; ou seja, redução de 97,2%. Assim, a participação dos aparelhos importados caiu de 55,2% em 2011 para apenas 1,0% em 2019. Por sua vez, MIRANDA (2013) argumenta que os incentivos fiscais concedidos na ZFM têm sido utilizados para compensar problemas relacionados, dentre outros, a logística, tarifas e processos de liberação alfandegária. No caso do ar-condicionado, a empresa brasileira Elgin e os fabricantes estrangeiros mais representativos, em geral multinacionais¹⁹ – chinesas Midea e Gree, coreanas LG e Samsung, europeia Electrolux, norte-americana Whirlpool e as japonesas Fujitsu e Daikin –, instalaram plantas industriais na ZFM para obter os diversos incentivos tributários compensatórios, incluindo isenções tarifárias de componentes importados, submetendo-se, para isso, a um conjunto de exigências de conteúdo local.

- **A exigência de conteúdo local e a limitada oferta de compressores domésticos de alta eficiência prejudicam a produção de ar-condicionado mais eficiente do ponto de vista energético:** a política industrial incentiva as montadoras²⁰ de ar-condicionado a comprarem compressores²¹ produzidos no Brasil. Ocorre que, atualmente, só há um único fabricante no país²², o qual, apesar de ter capacidade para produzir todos os tipos de compressores, só tem comercializado os de velocidade fixa, uma vez que os do tipo *inverter*²³ são reconhecidos pelos fabricantes como mais caros e menos eficientes do que os concorrentes internacionais. Isso se traduz em um significativo problema, uma vez que, como dito, a tecnologia do inversor possui nível muito mais alto de eficiência, permitindo redução de até 40% no consumo de energia quando comparado ao equipamento convencional (LIMA, 2017).

Logo, pode-se afirmar que a mais expressiva distorção do modelo de produção de ar-condicionado no Brasil – ou, mais especificamente, na ZFM –, é, como alegado pelos fabricantes, a exigência de compra de um **compressor local**, que tem demonstrado ser uma barreira aos ganhos de eficiência energética, tanto pela tecnologia empregada, quanto pelo preço praticado, na relativização com os concorrentes

¹⁹ Multinacionais geralmente mantêm suas células de P&D nas matrizes, por causa de vantagens comparativas. Para uma reflexão sobre isso, sugere-se ADA (2006).

²⁰ O termo montadora é adequado, uma vez que os fabricantes de ar-condicionado concentram as atividades de P&D em suas matrizes, restando às filiais locais a adaptação de tecnologias criadas no exterior (ADA, 2016).

²¹ O compressor é um dos componentes mais importantes no ciclo de refrigeração, exercendo a função de comprimir o gás refrigerante, de modo a aumentar a pressão do fluido e promover sua circulação pelo sistema (LIMA, 2017). Em termos da eficiência energética de um condicionador de ar, é o componente mais relevante.

²² Empresa Tecumseh do Brasil, uma multinacional americana, localizada na cidade de São Carlos, estado de São Paulo. É considerada uma das maiores fabricantes mundiais de compressores herméticos.

²³ Como em LIMA (2017), ao contrário de um equipamento convencional, que a partir de um termostato, desliga o compressor quando a temperatura desejada é atingida, o compressor do tipo *inverter* nunca desliga, garantindo uma certa estabilidade na temperatura do ambiente a ser refrigerado.

internacionais. Essa exigência está no chamado Processo Produtivo Básico (PPB), um conjunto de contrapartidas determinado pelo Governo Federal à concessão de incentivos fiscais na ZFM. No caso do ar-condicionado, a síntese do PPB atual é exibida na Tabela 2.

Dessa maneira, uma possível alteração necessária no PPB seria a maior flexibilização da exigência de conteúdo local, notadamente em componentes que contribuíssem para elevar a eficiência energética. Isso poderia ser conseguido com duas medidas:

I) **Estabelecimento de um sistema de pontos:** a compra de um componente específico de um fornecedor nacional daria ao fabricante um número de pontos para atender ao mínimo de pontos necessários para receber incentivos fiscais. Um sistema semelhante foi adotado em 2011, mas rapidamente substituído – obviamente, o apelo por eficiência energética e as condições tecnológicas eram bem diferentes dos dias atuais.

II) **Inclusão de critérios de eficiência:** exigência menor de conteúdo local para componentes que contribuíssem, de forma significativa, para maior eficiência energética dos aparelhos.

Tabela 2: Processo Produtivo Básico (PPB) Atual do Ar-Condicionado Residencial na ZFM

Tipo	Regra
Mini <i>Split</i>	30% de compressores rotativos e alternativos, abaixo de 18.200 Btu/h, devem vir de um fabricante local*.
Janela	50% dos compressores devem vir de fabricante local.

Nota: *Há uma exceção: empresas que produzem apenas aparelhos com compressores *inverter* não são obrigadas a adquirir o compressor local, mas devem alocar 3% da receita de vendas para P&D.

Fonte: própria, a partir da Portaria Interministerial MDIC/MCTI nº 8, de 2014.

Assim, para ajustamento do modelo de fabricação do ar-condicionado do tipo residencial no Brasil, com o objetivo de obtenção de equipamentos mais eficientes do ponto de vista energético, e com os correspondentes benefícios que isso possibilitaria, há sugestões do lado da política de eficiência energética, como o estabelecimento de uma métrica sazonal e de novas classes de eficiência na etiquetagem dos aparelhos, compatíveis com as melhores práticas internacionais; relativo à política industrial, por sua vez, sugere-se uma flexibilização da exigência de conteúdo local por meio de um sistema de pontos que favorecesse componentes mais eficientes do ponto de vista energético.

Esses ajustes, porém, implicam alguns custos e efeitos que podem provocar outras distorções ao modelo; e, assim, em qualquer escolha que se faça, é importante compreender as principais consequências socioeconômicas. Nesse sentido, há quatro possibilidades de modificações: (i) alterações apenas na política industrial, (ii) ajustes apenas na política de eficiência energética, (iii) integração das

políticas industrial e de eficiência energética e (iv) nenhuma mudança nas atuais políticas de eficiência energética e industrial:

- I. A situação em que nenhum novo ajuste seria considerado, nem na política industrial, nem na de eficiência energética, foi denominada **Atual**. É semelhante ao cenário de mesmo nome, presente na simulação apresentada anteriormente. Ou seja, nesse caso, o ganho de eficiência nos novos aparelhos de ar-condicionado ocorreria devido às ações já aprovadas pelo governo brasileiro ou em decorrência do chamado crescimento autônomo (por fatores como a concorrência entre fabricantes, dentre outros). Considera-se nesse cenário, por exemplo, os efeitos da Portaria Interministerial MME/MCT/MDIC nº 2 de 31 de julho de 2018, que estabeleceu novos índices de eficiência energética que devem ser implementados até junho de 2020.
- II. Na escolha apenas por ajustar a **Política Industrial** (isto é, flexibilização da exigência de conteúdo local por meio de um sistema de pontos), os ganhos de eficiência dos novos aparelhos seriam impulsionados pelo maior acesso a componentes mais eficientes. Um outro importante efeito esperado é o da redução dos custos de produção, pela maior concorrência no mercado mais amplo de fornecedores. Por outro lado, nesse caso, sem serem obrigadas a converterem seus equipamentos em classes mais rigorosas de eficiência – isto é, ainda estariam obrigadas a superar padrões muito baixos –, as empresas não seriam inteiramente estimuladas a buscarem a eficiência máxima.
- III. Na opção por ajustes apenas na **Política de Eficiência Energética**, os ganhos de eficiência decorreriam das mudanças na etiquetagem e na métrica para determinação mais precisa dos níveis de eficiência dos equipamentos. Como esta opção de política determinaria um aumento nos custos de produção, devido à conversão dos aparelhos, aumentaria, por conseguinte, o risco de que ao menos parte dos fabricantes, por inviabilidade financeira, não conseguisse ter seus equipamentos na classe mais alta, trazendo uma certa precarização para o setor e não obtenção do nível máximo de eficiência.
- IV. Por fim, a opção por ajustes integrados na **Política Industrial** e na **Política de Eficiência** seria a que, em tese, permitiria o maior ganho de eficiência, uma vez que, além de exigir classes mais altas, com a métrica sazonal e a nova etiquetagem, também flexibilizaria a aquisição de componentes mais eficientes. Em termos de custos para os fabricantes, essa escolha abriria a possibilidade de redução dos custos na aquisição de componentes, por causa da ampliação no mercado de fornecedores, mas exigiria, ao mesmo tempo, custos com a conversão dos aparelhos. Há, ainda, outros riscos negativos possíveis, como a precarização do setor (alguns fabricantes não conseguirem atingir as classes mais altas) e a oligopolização (mercado ficar restrito apenas aos fabricantes que conseguissem espaço financeiro para suportar os custos de conversão).

Uma síntese das descrições das quatro escolhas pode ser vista no Quadro 1, enquanto a lista detalhada com possíveis benefícios e custos de cada uma dessas opções é exibida nos Quadros 2, 3, 4 e 5.

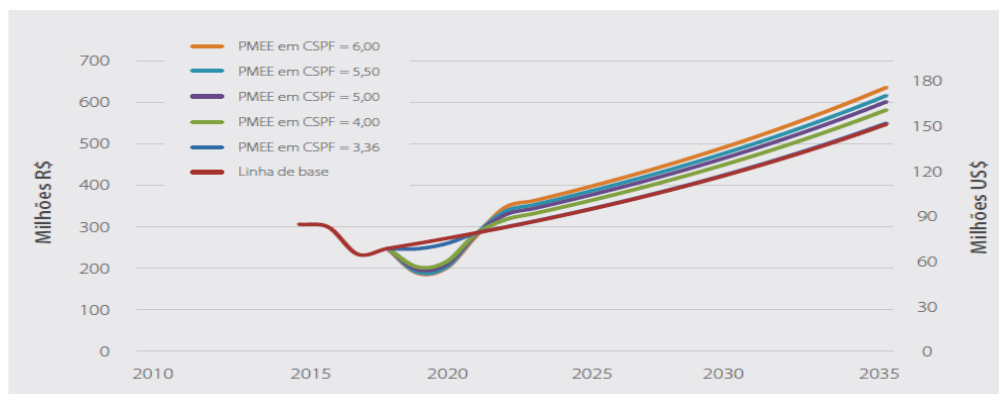
A seguir, por sua vez, serão tratados alguns pontos específicos, relacionados aos custos de produção e aos empregos, dois itens fundamentais para a discussão sobre quais metas de eficiência energética devem ser perseguidas pela sociedade. Nesse sentido, ressalte-se que isso exige, dos diversos atores envolvidos, clareza sobre os correspondentes benefícios e custos. Os ajustes de política, por sua vez, apenas estariam a serviço dessas escolhas.

Em termos de regulação, qualquer caminho proposto deve responder afirmativamente às seguintes principais questões: (i) a solução resolve?; e (ii) o custo da solução é sustentável? Sobre a primeira questão, caso o Brasil consiga elevar a eficiência energética do ar-condicionado aos padrões internacionais, são esperados ganhos significativos em eficiência energética; afinal, como observado em EPE (2019b), até mesmo o melhor modelo do país está bem abaixo da melhor tecnologia presente no mercado global.

Relativamente à segunda questão, a qual envolve os custos que as empresas terão para converter seus equipamentos, KIGALI (2020) contribui com alguns importantes resultados, afirmando, por exemplo, que, no cenário de maior eficiência (CSPF = 6,0), o Fluxo de Caixa Livre Líquido (FCLL) das empresas seria de R\$ 75,7 milhões, para um investimento requerido de R\$ 20,9 milhões – ou seja, o retorno seria mais do que o triplo do investimento realizado. Esse FCLL dos fabricantes, em diversos cenários de eficiência, é exibido no Gráfico 5.

Essas estimativas presentes em KIGALI (2020) evidenciam, portanto, um contexto de relativa tranquilidade em termos dos custos envolvidos para conversão dos equipamentos, especialmente por causa da elevação de receita advinda do aumento de preço da venda do ar-condicionado, decorrente, por sua vez, dos ganhos de eficiência. Sobre esse espaço financeiro dos fabricantes para sustentarem os custos relacionados à conversão dos equipamentos, porém, algumas outras reflexões serão realizadas.

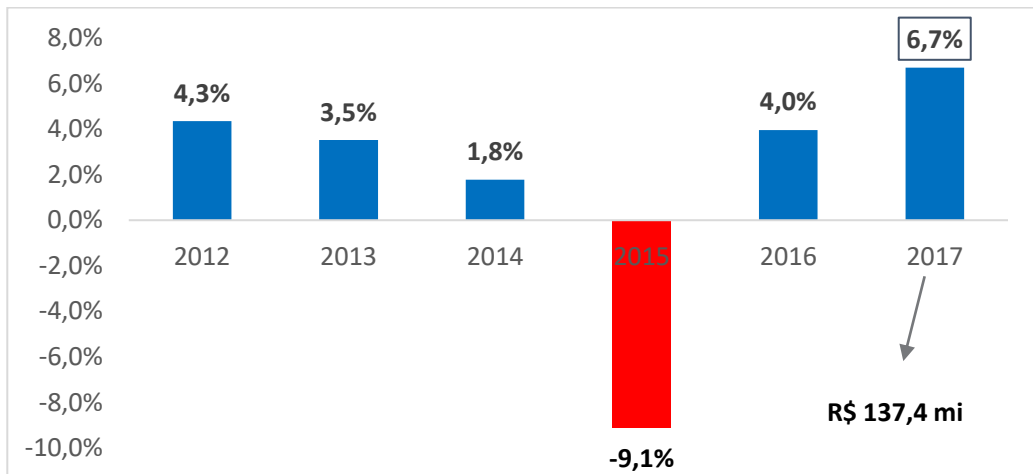
Gráfico 5: Fluxo de Caixa Livre Líquido por Cenários de Eficiência



Fonte: KIGALI (2020).

Com dados oriundos da Pesquisa Industrial Anual (PIA), do IBGE, observa-se no Gráfico 6 a evolução recente da margem de lucro dos fabricantes de ar-condicionado na Zona Franca de Manaus, com expressiva queda de 2012 a 2015, seguida de recuperação em 2016 e 2017. No último ano da série, a margem atingiu seu maior valor, 6,7%, com lucro estimado de R\$ 137,4 milhões.

Gráfico 6: Margem de Lucro dos Fabricantes de Ar-Condicionado, ZFM



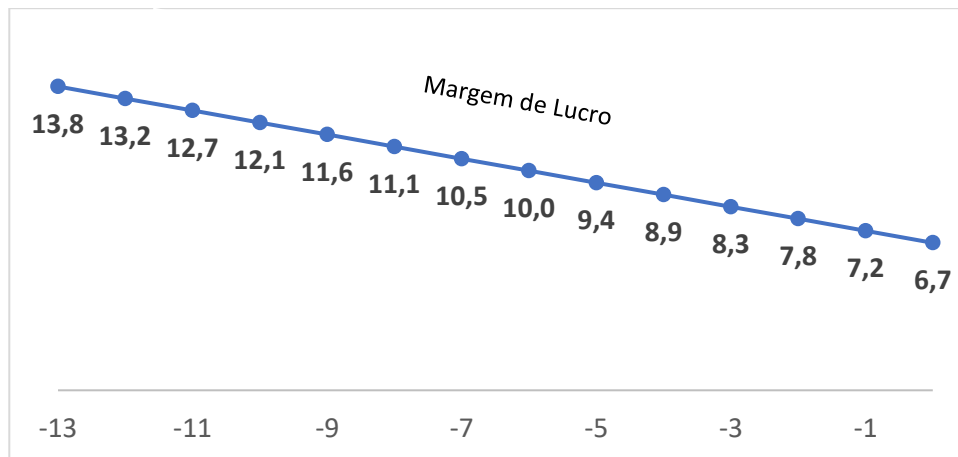
Fonte: Elaboração própria a partir da Pesquisa Industrial Anual (PIA), do IBGE.

Notas: *: 1. Empresas com 30 ou mais pessoas ocupadas.

2. Margem de Lucro = (receita líquida de vendas – custos e despesas)/receita líquida de vendas.

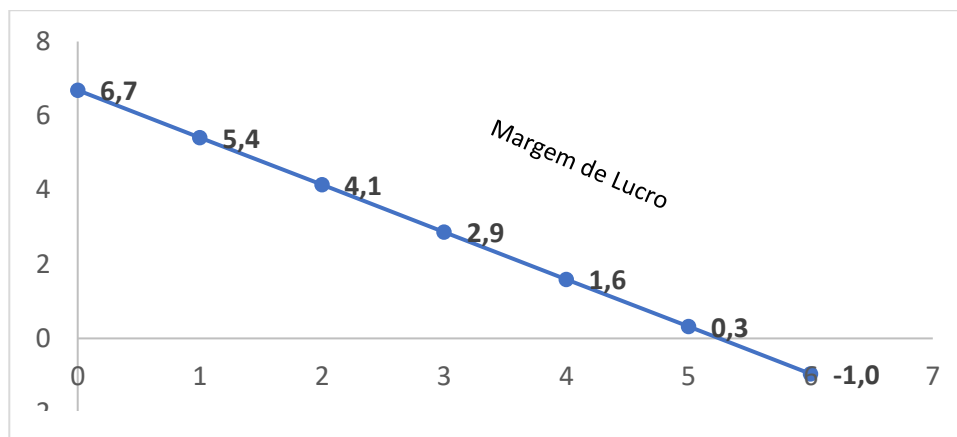
Ademais, ainda utilizando os dados da PIA, para o ano de 2017, e tomando como referência a estrutura de receitas e custos nesse ano para os fabricantes de ar-condicionado na Zona Franca de Manaus, observou-se que os custos com matérias-primas representaram 43,74% da Receita Total. Assim, como mostrado nos Gráficos 7 e 8 – os valores sobre a reta se referem à margem de lucro –, tem-se que, mantida a estrutura de receitas e despesas constante, exceto os custos com matérias-primas, uma redução nessas compras provocaria uma significativa ampliação da margem de lucro (Gráfico 7). Por outro lado, mantendo-se a estrutura de receitas e despesas constante, exceto para o custo de adequação às novas etiquetas, observa-se que a margem atual só se sustenta com um custo de conversão pouco maior do que 5% da Receita Total (Gráfico 8).

Gráfico 7: Redução (%) do Custo de Matérias-Primas sobre Margem de Lucro



Fonte: Elaboração própria a partir da Pesquisa Industrial Anual (PIA), do IBGE.

Gráfico 8: Custo de Adequação (% da Receita Total) sobre Margem de Lucro



Fonte: Elaboração própria a partir da Pesquisa Industrial Anual (PIA), do IBGE.

Portanto, a busca pela máxima eficiência energética talvez necessite produzir, além da elevação da receita – principal para os resultados presentes em KIGALI (2020) sobre fluxo de caixa livre dos fabricantes –, dois efeitos simultâneos, parcialmente compensatórios, de redução dos custos com aquisição de matérias-primas e de elevação do custo com conversão. Ou seja, parte dos custos de conversão dos equipamentos deve ser coberta pela redução na compra de componentes, consequência da flexibilização da política industrial em termos da exigência de compras locais. Isso é especialmente importante em um cenário de menor crescimento das vendas, como o que se projeta devido à crise econômica provocada pela pandemia do covid-19.

Nessa direção, outro efeito importante quando da flexibilização da política industrial é o risco de perda dos empregos na cadeia produtiva local; afinal, como qualquer redução de compra local afetará a receita dos fornecedores, é provável que haja efeitos negativos sobre emprego e renda na cadeia nacional

do setor. Por outro lado, esses impactos poderiam ser reduzidos se o fabricante local recuperasse parte da demanda perdida ou se houvesse elevação das vendas por causa da maior eficiência dos aparelhos, o que favoreceria outros elos da cadeia local, como o setor de serviços.

Para melhor compreensão dessa possibilidade, a partir de dados da Secretaria do Trabalho, do Ministério da Economia, por meio da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), que contempla os empregos formais no país, observa-se que o setor de fabricação de ar-condicionado na ZFM empregava 2.151 trabalhadores no final de 2018, ano mais recente em que os dados estão disponíveis. MACEDO e MONASTERIO (2014), a partir de estudos de MORETTI (2010) e MORETTI e THULIN (2012), os quais estimaram os multiplicadores locais do emprego para os Estados Unidos e para a Suécia, respectivamente, encontraram que a geração de uma vaga de emprego no setor industrial de uma mesorregião brasileira provoca a criação de 3,98 empregos no setor de serviços no longo prazo. Para os subsetores de alta tecnologia, entretanto, o multiplicador encontrado foi igual a 6,94. Assim, se tomarmos este valor como multiplicador do setor de fabricação de ar-condicionado, apesar de todas as ressalvas metodológicas²⁴, teríamos que para os 2.151 empregos do setor em 2018 foram gerados outros 15.000 empregos no setor de serviços (vendas, instalações, manutenções etc.). Na cadeia de insumos, embora não haja, ainda, estudo com a quantificação dos efeitos, espera-se um multiplicador muito menor do que esse, do emprego nos serviços; talvez mais próximo do multiplicador de produção, que MARCATO e ULTREMARE (2015) encontraram para o setor de eletrodomésticos, igual a 0,53.

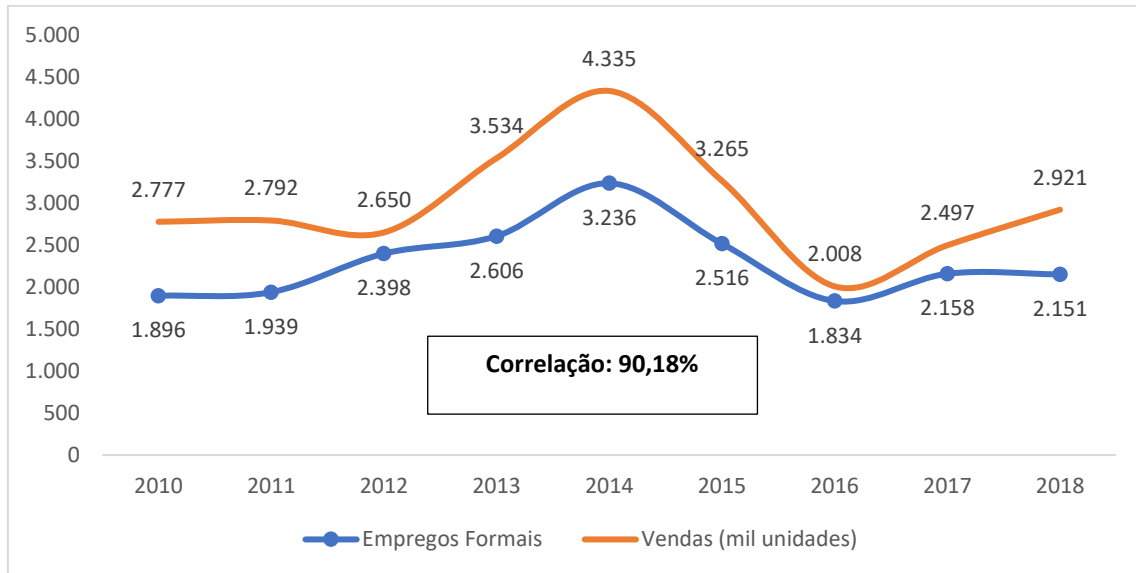
Logicamente, todos os vínculos empregatícios são importantes e devem ser pontos fundamentais na discussão sobre os ajustes de políticas aqui apresentados – no contexto de uma crise econômica como a atual, essa preocupação se torna ainda mais evidente –, mas a perda de empregos na cadeia produtiva do ar-condicionado, a partir dos multiplicadores acima, parece muito mais associada à redução das vendas dos equipamentos prontos do que à diminuição das compras de componentes locais (indústria para indústria).

Sobre isso, tem-se no Gráfico 9 a evolução das vendas de ar-condicionado tipo *split* no Brasil, bem como a evolução dos empregos formais do setor de fabricação desse aparelho na Zona Franca de Manaus. A correlação entre as duas variáveis foi calculada em 90,18%, significando que o emprego formal no setor é extremamente sensível às variações nas vendas. Esse resultado, naturalmente, corrobora para

²⁴ “Os multiplicadores variam de acordo com o setor, a tecnologia e as estratégias das empresas beneficiadas. Em segundo lugar, há que se levar em conta o custo de oportunidade dos incentivos ante outras políticas de criação de emprego ou incremento do bem-estar. Por fim, em terceiro lugar, as condições locais de atração e retenção de firmas são decisivas para o multiplicador efetivamente observado. Amenidades, ambiente favorável aos negócios, infraestrutura, oferta elástica de habitações são fatores que aumentam os impactos na economia local de choques positivos no nível de emprego”; MACEDO e MONASTERIO (2014). Ademais, as estimativas foram realizadas a partir de dados da época (no caso, anos 2000, 2005 e 2010) e, óbvio, a estrutura econômica sofreu muitas variações após isso.

a importância da discussão em torno do emprego quando da sugestão de ajustes nas políticas industrial e de eficiência energética.

Gráfico 9: Número de Empregos Formais e Vendas Ar-Condicionado tipo *Split* (mil unidades), Estado do Amazonas



Fonte: Elaboração própria a partir da RAIS, Ministério da Economia (empregos formais) e ABRAVA – Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento – (vendas).

Quadro 1: Escolhas

#	Escolha	Descrição
I	Atual	Os ganhos de eficiência energética nos novos aparelhos de AC ocorreriam APENAS devido às ações já aprovadas pelo governo brasileiro pelo chamado crescimento autônomo. Nenhuma outra indução seria considerada.
II	Política Industrial	Utilizar-se-ia a Política Industrial para reduzir a rigidez atual do PPB, com a inclusão de critérios por pontos nos componentes e com ponderação mais favorável para aqueles com maior eficiência energética. Os ganhos de eficiência dos novos aparelhos seriam, dessa forma, impulsionados por essas mudanças, uma vez que elas facilitariam a compra de componentes mais eficientes. Um outro importante efeito esperado é o da redução dos custos de produção, com ampliação do leque de fornecedores. Por outro lado, sem serem obrigadas a converterem seus equipamentos em classes mais rigorosas de eficiência, as empresas não seriam estimuladas a buscarem a eficiência máxima.
III	Política de Eficiência Energética	Nesse caso, os ganhos de eficiência decorreriam da conversão de equipamentos para novas classes de etiquetagem, mais próximas dos critérios internacionais. Esses ganhos, por outro lado, poderiam ser reduzidos em função do maior custo de adequação das empresas. Nesse caso, há o risco de precarização (setor se equilibrar em classes mais baixas de eficiência) e de oligopolização (alguns fornecedores perderem <i>share</i> ou mesmo saírem do mercado).
IV	Integração da Política Industrial com Política de Eficiência Energética	Os ganhos de eficiência energética decorreriam dos efeitos simultâneos e complementares das alterações no PPB e da conversão de equipamentos para as novas classes. Trata-se da escolha na qual é possível se pensar em máxima eficiência energética, uma vez que as empresas, com a redução dos custos de produção e com melhor acesso a componentes mais eficientes, seriam estimuladas a perseguirem metas maiores, compatíveis com as melhores práticas internacionais.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 2: Escolhas – Custos e Benefícios – I. Atual

Custos	Benefícios
<ul style="list-style-type: none">○ Insatisfação do consumidor: <i>gap</i> de qualidade do produto nacional em relação ao importado e custo de consumo de energia;○ Dificuldade do país para cumprir acordos internacionais de eficiência energética: efeitos nos sistemas elétrico e ambiental;○ Uso do AC recai diretamente sobre os horários de ponta do sistema, seja na classe residencial (17 às 22 h), seja na classe comercial (14 às 17 h). Então, o aumento das cargas de condicionadores de ar eleva as necessidades gerais de energia, mas também a necessidade de geração e distribuição para atender à demanda nos horários de pico, adicionado maior impacto sobre o sistema energético nacional;○ Inadequação aos padrões internacionais: dificuldade de ampliação de mercados;○ Menor estímulo ao desenvolvimento, uma vez que a engenharia e a pesquisa dos AC são feitas no exterior, o que exige, inclusive, custos para adaptação ao PPB local;○ Estratégias que desviem da política industrial são incentivadas, colocando em risco a aquisição do compressor local, mais ineficiente e mais caro, o que implica em perda de mercado.	<ul style="list-style-type: none">○ Preservação dos investimentos recentes;○ Manutenção dos processos industriais e de gestão;○ Ausência da necessidade de investimentos, especialmente importante em tempos de crise econômica mundial e, esperada, redução do ritmo de crescimento das vendas.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 3: Escolhas – Custos e Benefícios – II. Política Industrial

Custos	Benefícios
<ul style="list-style-type: none">• Perda de empregos e renda na cadeia produtiva local. Como qualquer redução de compra local afetará a receita dos fornecedores, é provável que haja alguma perda de empregos e de renda na cadeia. Esse efeito, porém, pode ser reduzido se o fabricante local recuperar parte da demanda perdida ou se houver elevação das vendas por causa da maior eficiência dos aparelhos, o que favorecerá a cadeia local;• Exigência de novos investimentos: algum montante pode ser necessário para adequação dos processos industriais aos novos componentes;• Conflitos políticos sobre definição de pontos: possibilidade de grupos de interesse mais fortes determinarem a nova configuração setorial, dificultando a atuação das firmas menores, tanto de fabricantes quanto de fornecedores.	<ul style="list-style-type: none">• Maior eficiência energética e seus correspondentes efeitos;• Redução dos custos de produção (redução dos custos de matérias-primas) e, com algum repasse dos fabricantes, diminuição dos preços ao consumidor. Esse efeito, todavia, pode ser reduzido com o ganho de eficiência alcançado, que estimularia um aumento de preços ao consumidor;• Maior absorção tecnológica: ampliação de mercados de insumos sempre abre essa possibilidade;• Melhores condições para áreas de design e P&D: uso maior de componentes eficientes fabricados em qualquer lugar do mundo certamente favorecerá a pesquisa e o desenvolvimento por parte dos fabricantes;• Em resumo, espera-se aumento de produtividade devido à compra de componentes com maior eficiência energética e com custos menores.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 4: Escolhas – Custos e Benefícios – III. Política de Eficiência Energética

Custos	Benefícios
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Custo de adequação para as empresas para classes mais altas de eficiência energética; ❖ Mudanças não sustentáveis economicamente para alguns fabricantes, o que pode levar a maior oligopolização do setor e, conseqüentemente, à redução da competição, determinando efeitos negativos sobre o consumidor e dificultando futuras rodadas de discussões sobre eficiência energética e política industrial; ❖ Ambiente político no regulador pode impedir que os padrões de eficiência alcancem os níveis internacionais, dos países desenvolvidos; ❖ Resistência de alguns fabricantes pelo rebaixamento de classes de seus produtos; ❖ Perda de investimentos recentes por parte dos fabricantes – a falta de segurança jurídica sobre a adoção das medidas pode ter levado algumas firmas a escolherem estratégias comerciais diferentes; ❖ Adoção do rebaixamento de classes como estratégia comercial dos fabricantes: precarização setorial e, conseqüentemente, efeito menor sobre eficiência energética; ❖ Elevação de preço ao consumidor (repasse de parte do custo de adequação). 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Eficiência energética está fortemente relacionada à elevação da competitividade e à proteção ambiental; ❖ Mudanças de etiquetagem estimulam a produção de AC com maior eficiência energética; ❖ Ganhos de inovação no setor, com as empresas buscando ter seus produtos definidos na nova classe A; ❖ Ganhos de competitividade; ❖ Elevação da qualidade dos produtos; ❖ Redução dos preços ao consumidor (economia gerada pela elevação da produtividade).

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 5: Escolhas – Custos e Benefícios – IV. Integração entre Política Industrial e Política de Eficiência Energética

Custos	Benefícios
<p>As ameaças conjuntas dos ajustes na Política Industrial – perda de empregos e renda na cadeia produtiva local, exigência de novos investimentos e conflitos políticos sobre definição de pontos – e na Política de Eficiência Energética – custo de conversão para as classes mais altas de eficiência energética, mudanças não sustentáveis economicamente para alguns fabricantes (oligopolização do setor), instabilidade no ambiente político do regulador, resistência de alguns fabricantes pelo rebaixamento de classes de seus produtos, perda de investimentos recentes por parte de alguns fabricantes, adoção do rebaixamento de classes como estratégia comercial e elevação de preço ao consumidor (repasso de parte do custo de adequação) –, porém com possibilidade de um espaço financeiro maior para adequação das empresas à nova etiquetagem.</p>	<p>As oportunidades conjuntas dos ajustes na Política Industrial e na Política de Eficiência Energética, resumidos nos ganhos de competitividade devidos à maior eficiência produtiva (redução dos custos e melhoria dos processos industriais) e energética (aumento da qualidade dos produtos).</p>

Fonte: Elaboração própria.

5. Considerações Finais

O aumento do consumo do ar-condicionado tipo residencial (utilizado em residências e em pequenos comércios) no Brasil foi expressivo (participação no consumo residencial passou de 6,7% em 2005 para 14,0% em 2018), determinado pelo crescimento da demanda por climatização artificial e pelos menores ganhos de eficiência desses aparelhos. Certamente, a crise econômica mundial provocada pelo covid-19 deverá produzir, especialmente no curto prazo, efeitos negativos sobre as vendas desses aparelhos, mas qualquer crescimento da procura por conforto térmico deveria estimular o direcionamento do mercado para equipamentos mais eficientes, dado o significativo impacto dos condicionadores de ar sobre o consumo de energia.

Nesse sentido, as simulações presentes nesse estudo apontam, em um cenário de expansão de vendas, que, até 2035, mesmo o modelo mais eficiente de ar-condicionado comercializado atualmente no Brasil poderia acumular ganhos de eficiência que reduzissem o equivalente ao consumo anual de 56 milhões de residências, evitando emissões de CO₂ como as proporcionadas por 2,3 milhões de veículos durante um ano.

A produção de ar-condicionado desse tipo, o residencial, está quase que totalmente localizada na Zona Franca de Manaus, atraída pela estratégia comercial brasileira de promoção da produção doméstica com protecionismo, a qual combina alta carga tributária sobre aparelhos importados e benefícios tributários para o nacional. Assim, os caminhos para a fabricação de condicionadores de ar mais eficientes passam por ajustes na política industrial, que tem incentivado as montadoras a comprarem compressores produzidos no Brasil, mesmo com a grave distorção de só existir um único fabricante no país, o qual, inclusive, não tem comercializado os equipamentos que utilizam a tecnologia do inversor, que, segundo LIMA (2017), é quase 40% mais eficiente do que a convencional, de velocidade fixa. Uma maior flexibilização da exigência de conteúdo local poderia ser obtida por meio de um sistema no qual o fabricante que utilizasse componentes mais eficientes do ponto de vista energético acumularia mais rapidamente os pontos necessários para a obtenção dos incentivos fiscais.

Por outro lado, em termos das ações de promoção da eficiência energética, a elevação dos padrões mínimos de eficiência, com a correspondente alteração para a métrica sazonal, e as mudanças na etiquetagem tornariam o modelo de fabricação do ar-condicionado brasileiro compatível com melhores práticas internacionais, potencializando benefícios como redução do custo de produção e dos custos de geração de energia, os quais determinam rebatimentos positivos sobre o bem-estar social, além de estimular o avanço tecnológico.

Essas políticas, industrial e de eficiência energética, por sua vez, necessitam de integração, se a escolha social for a de buscar o máximo de eficiência possível. A razão é que é preciso melhorar as condições para que fabricantes convertam seus produtos para classes mais altas de redução de consumo, e isso depende de mudanças em suas estruturas de custo e de acesso a componentes melhores, algo que seria factível com alterações na política industrial.

Uma possível resistência a essa integração pode vir de ideias nacionalistas e isolacionistas, as quais costumam ganhar corpo em períodos de crise como o que estamos passando. Dessa forma, os custos e benefícios para o conjunto da sociedade, pela maior abertura comercial para aquisição de componentes mais eficientes do ponto de vista energético, necessitam ser plenamente conhecidos.

Nessa direção, como sugestão de futuros estudos, tem-se a quantificação dos custos de conversão dos aparelhos – ideal que as estimativas sejam realizadas por empresa, para que se conheçam melhor os efeitos sobre o setor –, dos riscos sobre os empregos em toda a cadeia produtiva, bem como dos efeitos sobre receitas de vendas e custos de aquisição de matérias-primas.

6. Referências

ADA [Agência de Desenvolvimento da Amazônia]. Plano de Desenvolvimento Sustentável da Amazônia Legal: Estudos diagnósticos setoriais – PDSA 2005-2008. Agência de Desenvolvimento da Amazônia, Universidade Federal do Pará, Organização dos Estados Americanos. ADA: Belém, 2006.

BAHNG, Y.; KINCADE, D. H. *The relationship between temperature and sales: Sales data analysis of a retailer of branded women's business wear*. International Journal of Retail and Distribution Management, v. 40, n. 6, pp. 410-426, 2012.

BICALHO, R. A crise do setor elétrico é estrutural. Disponível em: <<https://www.ilumina.org.br/a-crise-do-setor-eletrico-e-estrutural-artigo/>>. Acesso em: maio de 2020. Ilumina: 2018.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. NOTA TÉCNICA EPE 030/2018 – Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética. EPE: Brasília, 2018.

_____. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019 Ano base 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio_2019_WEB.pdf>. Acesso em maio de 2020. EPE: Brasília, 2019a.

_____. Atlas da Eficiência Energética, Brasil 2019. Disponível em: <[http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-461/Atlas%20da%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20do%20Brasil%20\(002\).pdf](http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-461/Atlas%20da%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20do%20Brasil%20(002).pdf)>. Acesso em: maio de 2020. EPE: Brasília, 2019b.

IEA [International Energy Agency]. The Future of Cooling: Opportunities for energy-efficient air conditioning. OECD/IEA: Paris, 2018.

IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). A Política Comercial Brasileira em Análise (organizadores: Alexandre Messa, Ivan Tiago Machado Oliveira). Brasília: Ipea, 2017.

KIGALI, P. Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica para um Mercado de Compressores de Alta Eficiência no Brasil. Disponível em: <<http://kigali.org.br/wp-content/uploads/2019/01/iCS-compressores.pdf>>. Acesso em: maio de 2020. KIGALI: 2018.

_____. Avaliação do Programa Brasileiro de Etiquetagem para Ar-condicionado. Disponível em: <http://kigali.org.br/wp-content/uploads/2019/04/Kigali_Etiquetagem-Port_01.pdf>. Acesso em: maio de 2020. KIGALI: 2019.

_____. Estudo de Impacto Regulatório Diretrizes Gerais e Estudo de Caso para Condicionadores de Ar tipo *Split System* no Brasil. Disponível em: <http://kigali.org.br/wp-content/uploads/2020/03/kigali_estudoimpactoregulatorio_FINAL_02-2.pdf>. Acesso em: maio de 2020. KIGALI: 2020.

LIMA, L. F. Estudos de Eficiência Energética em Aparelhos Condicionadores de Ar e Técnicas para Redução da Carga Térmica nas Edificações. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Engenharia Elétrica. Londrina: 2017.

MACEDO, G. M.; MONASTERIO, L. Multiplicador Local do Emprego: Mesorregiões Brasileiras (2000-2010). Ipea: Texto para Discussão. Rio de Janeiro: 2014.

MARCATO, M. B.; ULTREMARE, F. O. Estrutura produtiva e o sequestro da produção doméstica: uma análise insumo-produto do vazamento de demanda. Revista de Economia, v. 41, n. 2 (ano 39), p. 175-200, mai./ago. 2015.

MIRANDA, R. N. Zona Franca de Manaus: Desafios e Vulnerabilidades. Senado Federal, Núcleo de Estudos e Pesquisas, Consultoria Legislativa: Textos para Discussão 126. Brasília: abr. 2013.

MME – Ministério de Minas e Energia. CGIEE: Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética. Relatório de Atividades, 2015-2017. Julho, 2017.

MORETTI, E. Local Multipliers. The American Economic Review, v. 100, n. 2, p. 373-377, 2010.

MORETTI, E.; THULIN, P. Local Multipliers and Human Capital in the US and Sweden. Research Institute of Industrial Economics. IFN Working Paper, n. 914: 2012.

PIRES, M. Observatório de Política Fiscal Atualiza as Estatísticas Históricas de Investimento Público: 1947-2019. Disponível em: <<https://observatorio-politica-fiscal.ibre.fgv.br/posts/observatorio-de-politica-fiscal-atualiza-estatisticas-historicas-de-investimento-publico-1947>>. Acesso em: maio de 2020. FGV: 2020.

PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica). Resultados PROCEL 2019 Ano Base 2018. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2019/Procel_rel_2019_web.pdf>. Acesso em: maio de 2020. PROCEL: 2019.

SCHIERMEIER, Q. Clear Signs of Global Warming Will Hit Poorer Countries First. Nature, n. 556, p. 415-416, 2018.

APÊNDICE

G1: Geração Elétrica por fonte no Brasil (GWh), 2018

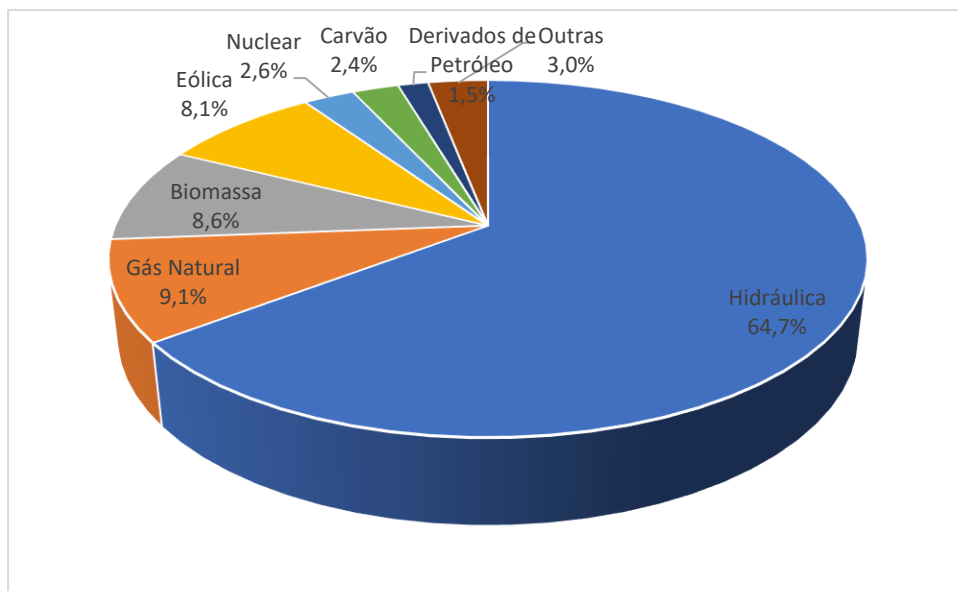
Fontes	Total (GWh)	Participação (%)
Hidráulica	388.971	64,7%
Gás Natural	54.622	9,1%
Biomassa	51.876	8,6%
Eólica	48.475	8,1%
Nuclear	15.674	2,6%
Carvão	14.204	2,4%
Derivados de Petróleo	9.293	1,5%
Outras	18.281	3,0%
TOTAL (GWh)	601.396	100,0%

Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2019a).

Notas:

1. Inclui autoprodução;
2. Derivados de petróleo: óleo diesel e óleo combustível;
3. Biomassa: lenha, bagaço de cana e lixívia;
4. Outras: gás de coqueria, outras secundárias, outras não renováveis, outras renováveis e solar.

G1: Geração Elétrica por fonte no Brasil (GWh), 2018



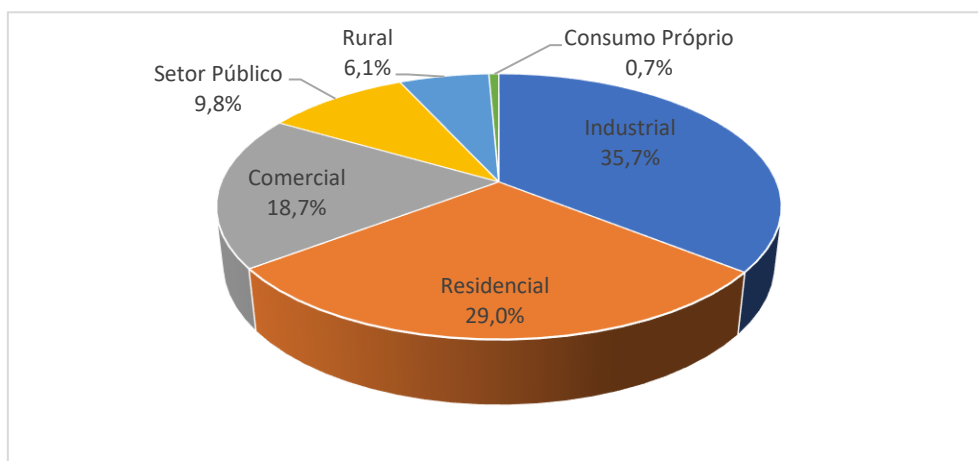
Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2019a).

G2: Consumo por Classe no Brasil (GWh), 2018

Classes	Total (GWh)	Participação (%)
Industrial	169.625	35,7%
Residencial	137.615	29,0%
Comercial	88.631	18,7%
Setor Público	46.543	9,8%
Rural	29.168	6,1%
Consumo Próprio	3.238	0,7%
TOTAL (Gwh)	474.820	100,0%

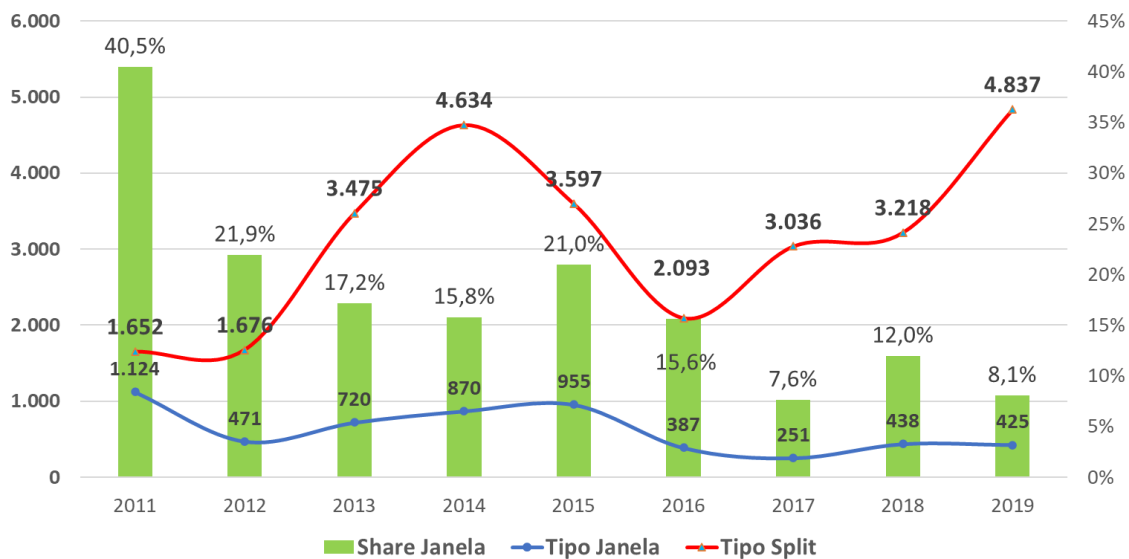
Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2019a).

G2: Consumo por Classe no Brasil (GWh), 2018



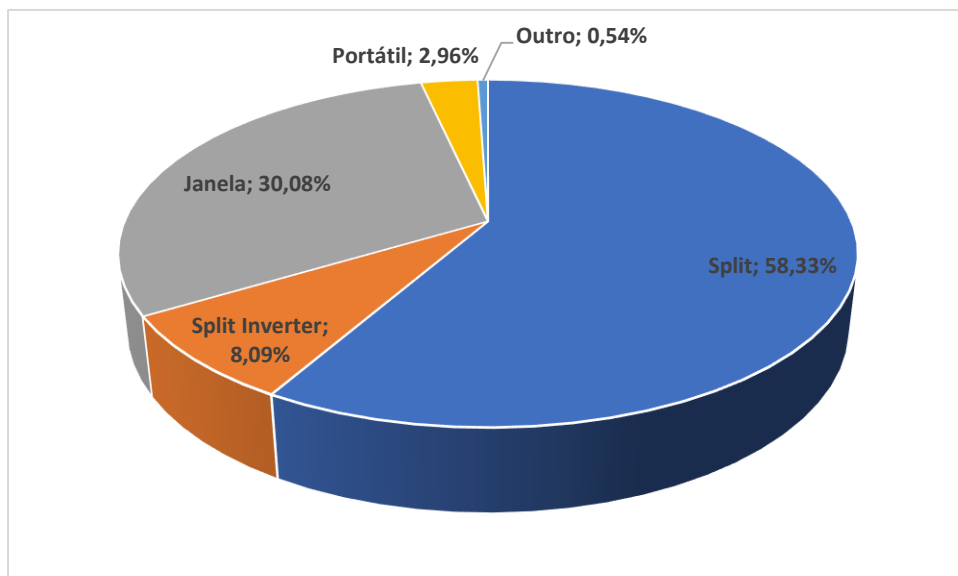
Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2019a).

G3: Produção de Ar-Condicionado por Tipo (share entre janela e split)



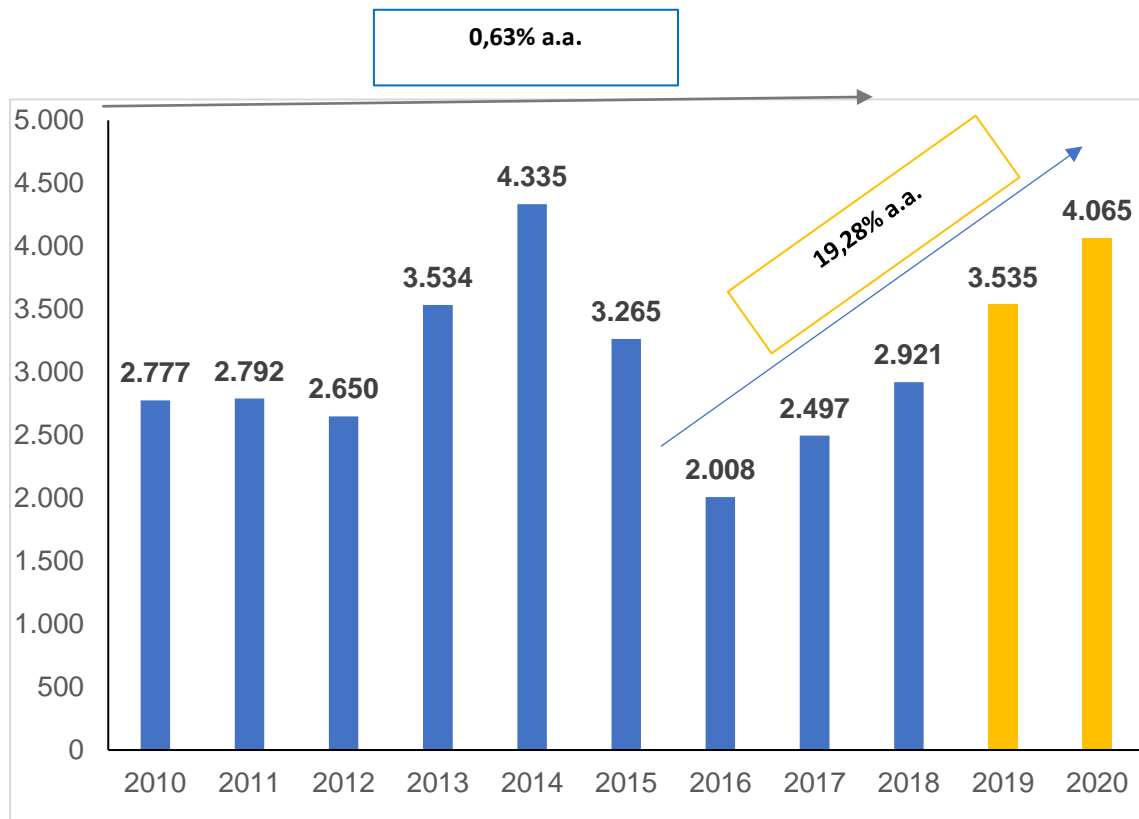
Fonte: Elaboração própria a partir da SUFRAMA.

G4: Posse de Ar-Condicionado por Residências, 2018



Fonte: Elaboração própria, a partir da Pesquisa de Posse e Hábitos de Consumo de Energia – Eletrobrás (PPH) 2019 e da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio Contínua (PNAD Contínua 2019).

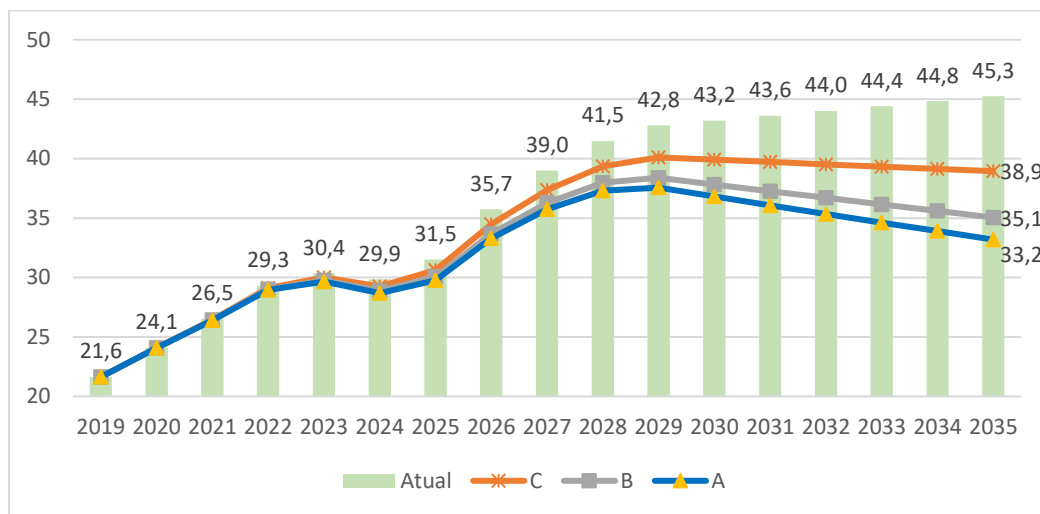
G5: Vendas Ar-Condicionado Modelo *Split* Residencial* – (mil unidades)



Fonte: Elaboração própria a partir de Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA) – setor AVAC-R – ar condicionado residencial e central.

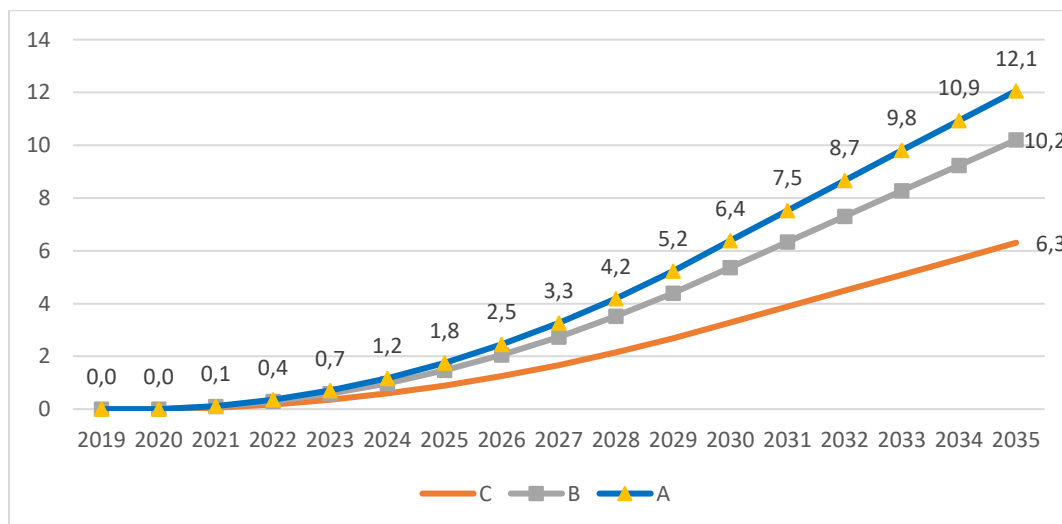
Notas: valores para 2019 e 2020 são estimativas; o *split* tipo residencial é utilizado nos setores comercial e residencial.

G6.1: Evolução do Consumo (TWh) – Cenários Atual, A, B e C, com Taxa Anual de Crescimento de Vendas igual a 1,0%



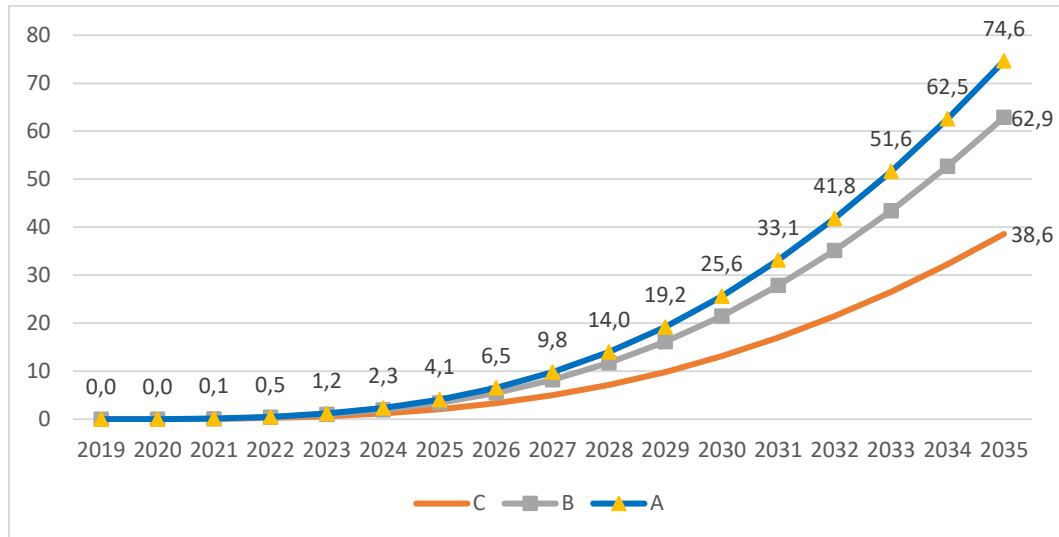
Fonte: Elaboração própria.

G6.2: Energia Evitada Anual (TWh) – Cenários Atual, A, B e C, com Taxa Anual de Crescimento de Vendas igual a 1,0%



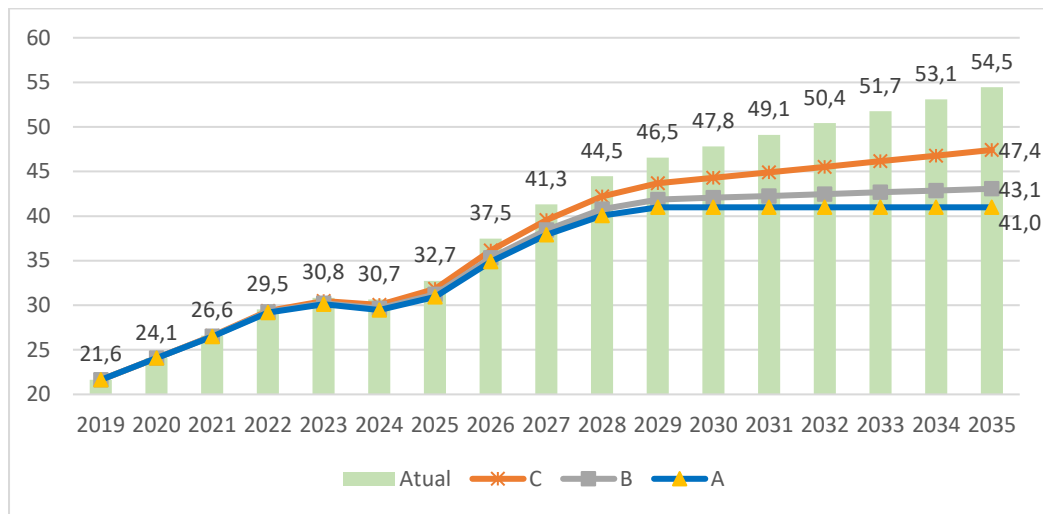
Fonte: Elaboração própria.

Gráfico G6.3: Energia Evitada Acumulada (TWh) – Cenários Atual, A, B e C, com Taxa Anual de Crescimento de Vendas igual a 1,0%



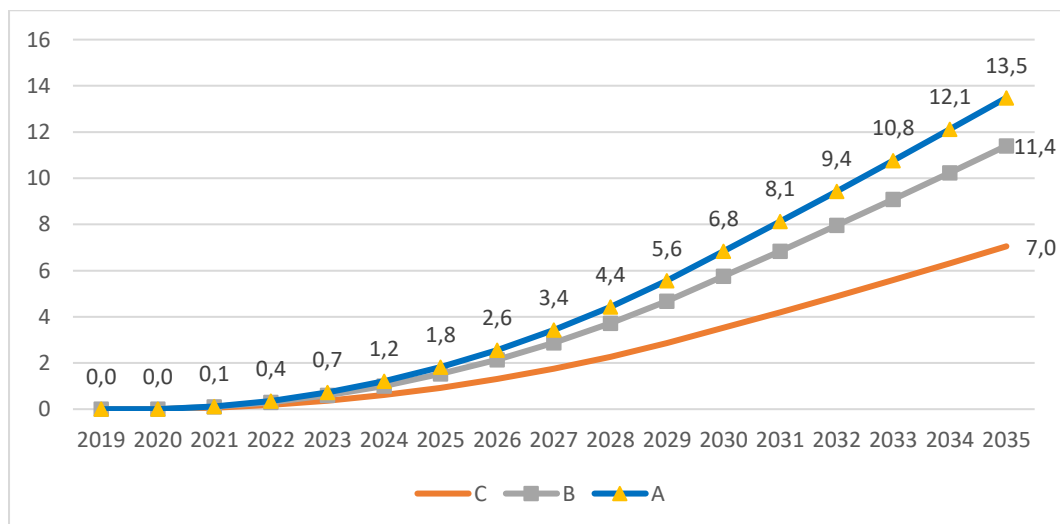
Fonte: Elaboração própria.

G7.1: Evolução do Consumo (TWh) – Cenários Atual, A, B e C, com Taxa Anual de Crescimento de Vendas igual a 2,0%



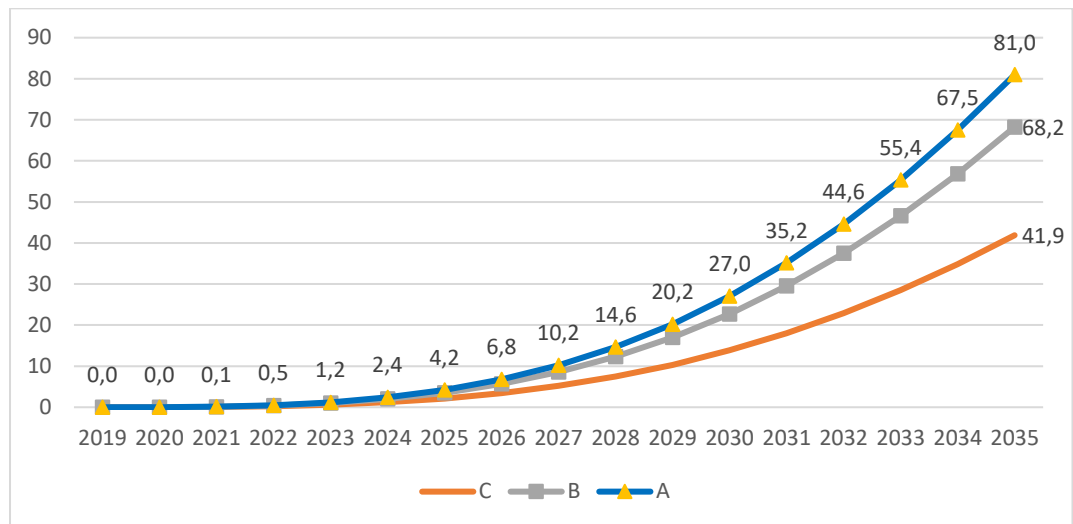
Fonte: Elaboração própria.

G7.2: Energia Evitada Anual (TWh) – Cenários Atual, A, B e C, com Taxa Anual de Crescimento de Vendas igual a 1,0%



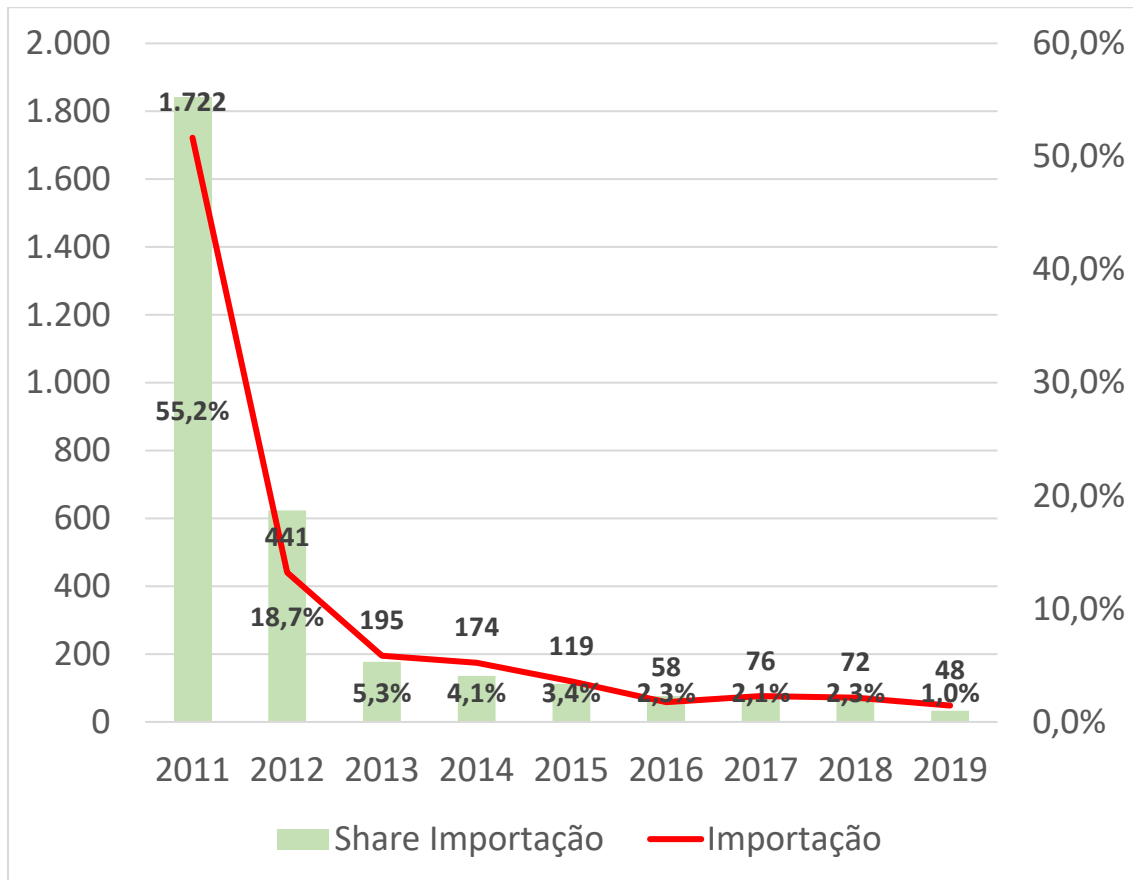
Fonte: Elaboração própria.

Gráfico G7.3: Energia Evitada Acumulada (TWh) – Cenários Atual, A, B e C, com Taxa Anual de Crescimento de Vendas igual a 1,0%



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico G8: Importação (unidades (mil) e share) de Aparelho do Tipo Split



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da SUFRAMA.

Apoio:



