

Série
ESTUDOS DE DEMANDA

NOTA TÉCNICA DEA 07/13

Avaliação da

Eficiência Energética e Geração Distribuída

para os próximos 10 anos (2013-2022)

Rio de Janeiro

Abril de 2013



Ministério de
Minas e Energia





GOVERNO FEDERAL

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Edison Lobão

Secretário Executivo

Márcio Pereira Zimmermann

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Altino Ventura Filho



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente

Maurício Tiomno Tolmasquim

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Amílcar Guerreiro

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

José Carlos de Miranda Farias

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Elson Ronaldo Nunes

Diretor de Gestão Corporativa

Alvaro Henrique Matias Pereira

Série ESTUDOS DE DEMANDA

NOTA TÉCNICA DEA 07/13 *Avaliação da* **Eficiência Energética e Geração** **Distribuída** *para os próximos 10 anos (2013-2022)*

Coordenação Geral

Maurício Tiomno Tolmasquim

Amílcar Guerreiro

Coordenação Executiva

Ricardo Gorini de Oliveira

Coordenação Técnica

Jeferson Borghetti Soares

Luciano Basto Oliveira

Sérgio Henrique Cunha

Equipe Técnica

Ana Cristina B. Maia

Arnaldo dos Santos Junior

Jose Manuel David

Luiz Gustavo de Oliveira

Monique Riscado

Natalia G. de Moraes

Gustavo Naciff de Andrade

Renata A. Moreira da Silva

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

Sede

SCN, Qd. 01, Bl. C, nº 85, Sl. 1712/1714

Edifício Brasília Trade Center

Brasília - DF

CEP: 70711-902

Escritório Central

Av. Rio Branco, nº 01 – 11º Andar

20090-003 - Rio de Janeiro – RJ

Rio de Janeiro

Abril de 2013

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)

APRESENTAÇÃO

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) é empresa pública instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, e do Decreto nº 5.184, de 16 de agosto de 2004, vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

O presente texto insere-se na série “Estudos de Energia”, que compila notas técnicas produzidas pela Diretoria de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais da EPE, contemplando a análise de diversos temas ligados ao mercado de energia, com foco nas análises de demanda, recursos energéticos, economia da energia, evolução tecnológica e outros temas. Os documentos vinculados a esta série, que não têm obrigatoriamente periodicidade regular, estão disponíveis no endereço eletrônico <http://www.epe.gov.br/Estudos>.

Entre os “Estudos de Energia”, destacam-se os estudos sobre a demanda de energia que subsidiam a elaboração do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) e do Plano Nacional de Energia de Longo Prazo (PNE). Tais estudos são importantes na avaliação das estratégias de expansão da oferta de energia no médio e no longo prazos.

A eficiência no uso da energia é um importante vetor no atendimento da demanda, contribuindo para a segurança energética, para a modicidade tarifária, para a competitividade da economia e para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Nesse sentido, cabe destacar que as projeções da demanda de energia elaboradas pela EPE contemplam uma parcela expressiva relativa aos ganhos de eficiência, sendo incorporados aos resultados finais das previsões de demanda.

Neste contexto de redução de demanda de energia pelo lado do consumidor, esta nota também passa a destacar a geração distribuída, cujo conceito adotado nesta nota compreende empreendimentos porte de geração, de qualquer porte, instalados para atendimento preponderante ao um consumidor final, podendo haver ou não a geração de excedentes elétricos exportáveis à rede. Essa definição inclui tanto tradicionais projetos de geração distribuída (co-geração industrial, por exemplo) quanto a geração distribuída de pequeno porte, que vem ganhando destaque com as iniciativas regulatórias empreendidas pelo governo para criação de ambiente favorável à sua expansão nos próximos anos.

Assim, esta nota técnica visa apresentar a projeção dos ganhos de eficiência energética considerados nas projeções da demanda de energia elaboradas pela EPE para um horizonte de

dez anos (2013-2022), bem como as perspectivas de inserção da geração distribuída consideradas neste estudo.

Finalmente, cabe destacar também que esta nota técnica constitui parte dos estudos de suporte ao PDE 2022, fornecendo parâmetros para as estimativas finais de eficiência energética e de penetração de geração distribuída no PDE. Assim, os resultados aqui apresentados poderão diferir, eventualmente, dos números finais apresentados na versão final do Plano Decenal de Energia 2022, normalmente publicado mais adiante.

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)

Série
ESTUDOS DE DEMANDA

NOTA TÉCNICA DEA 07/13
Avaliação da
Eficiência Energética e
Geração Distribuída
para os próximos 10 anos (2013-2022)

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	I
1 INTRODUÇÃO	1
SEÇÃO I: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	4
2 DEFINIÇÕES GERAIS	4
2.1 ESTIMATIVA DE GANHOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	4
2.2 ENERGIA ÚTIL	6
2.3 POTENCIAIS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA	7
2.4 DINÂMICA DE PENETRAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: PROGRESSOS TENDENCIAL E INDUZIDO	10
2.5 MONITORAMENTO DE PROGRESSO: INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	11
2.6 MECANISMOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	13
3 ESTIMATIVA TOTAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO HORIZONTE DECENAL	18
3.1 INDICADORES AGREGADOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	18
3.2 SETOR RESIDENCIAL	22
3.3 SETOR INDUSTRIAL	40
3.4 SETOR DE TRANSPORTES	47
3.5 DEMAIS SETORES DE CONSUMO FINAL	54
3.6 RESULTADOS CONSOLIDADOS DA PROJEÇÃO	55
3.7 SÍNTESE DOS RESULTADOS DOS PROGRAMAS EXISTENTES	57
SEÇÃO II: GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	59
4 DEFINIÇÕES GERAIS	59

4.1	TIPOLOGIAS ADOTADAS	59
4.2	GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA	59
5	RESULTADOS AGREGADOS	60
6	RESULTADOS POR TIPOLOGIA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	62
6.1	GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE PEQUENO PORTE	62
6.2	GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE GRANDE PORTE	67
	SEÇÃO FINAL	71
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
8	REFERÊNCIAS	73

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Aspectos considerados em cada setor de consumo final, para fins de contabilização dos ganhos de eficiência energética no horizonte decenal.	6
Tabela 3. Indicadores energéticos	12
Tabela 4. Indicadores de eficiência energética utilizados no horizonte decenal	13
Tabela 5 - Relação das Principais Iniciativas em Eficiência Energética e os Mecanismos Utilizados no Brasil	15
Tabela 6 - Agenda de Regulamentação de Níveis Mínimos de Eficiência de Equipamentos no Brasil (2012-2016)	17
Tabela 7. Indicadores energéticos globais de países selecionados (2010)	21
Tabela 8. Consumo final energético no setor residencial brasileiro em 2012	22
Tabela 9. Vida útil e posse média de equipamentos elétricos	25
Tabela 10. Aumento anual de eficiência dos equipamentos	26
Tabela 11. Evolução do consumo unitário de eletricidade do estoque de equipamentos nos domicílios	28
Tabela 12. Ganho de eficiência estimado em equipamentos eletrodomésticos (ano base 2012)	28
Tabela 13. Cronograma de níveis mínimos de eficiência energética para lâmpadas incandescentes - 127 V, para fabricação e importação no Brasil.	29
Tabela 14. Cronograma de níveis mínimos de eficiência energética para lâmpadas fluorescentes compactas - 220 V, para fabricação e importação no Brasil	29
Tabela 15. Consumo de energia elétrica no setor residencial	31
Tabela 16. Aquecimento de água no setor residencial	35
Tabela 17. Distribuição da cocção no setor residencial	36
Tabela 18. Eficiência energética no setor residencial 2022/2012. Energia elétrica	37
Tabela 19. Consumo total energético do setor residencial	39
Tabela 20- Setor residencial: consumo de eletricidade e eficiência energética	40
Tabela 21. Consumo final energético no setor industrial brasileiro em 2012	41
Tabela 22 - Grandes consumidores industriais: consumo específico de eletricidade ¹ (kWh por tonelada produzida)	44
Tabela 23 - Setor industrial: consumo de eletricidade e eficiência energética	46
Tabela 24 - Setor industrial: consumo de energia e eficiência energética	46
Tabela 25 - Setor de transportes: consumo de energia e eficiência energética	53
Tabela 26. Brasil: Consumo de energia e eficiência energética	56
Tabela 27 - Projetos do PEE da ANEEL	57
Tabela 28 - Resultados do Selo PROCEL - ano base 2011	58
Tabela 29 - Estimativa da energia gerada oriunda da instalação de sistemas de geração distribuída no horizonte decenal (GWh)	61
Tabela 30 - Parâmetros de cálculo do custo nivelado de fotovoltaica	64
Tabela 32 - Indicadores/Premissas para segmentos industriais selecionados	69

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução da intensidade energética e elétrica da economia	18
Gráfico 2 - Consumo de energia per capita (tep/hab)	19
Gráfico 3 - Consumo de eletricidade per capita (kWh/hab)	20
Gráfico 4 - Intensidade Energética de países selecionados	22
Gráfico 5. Brasil: Projeção de evolução do percentual de domicílios com energia elétrica	24
Gráfico 6. Ganho de eficiência de equipamentos eletrodomésticos em 2022	30
Gráfico 7. Distribuição de energéticos para aquecimento de água - valores percentuais (2012-2022)	32
Gráfico 8. Distribuição de energéticos para aquecimento de água - valores absolutos em mil unidades (2012-2022)	33
Gráfico 9. Efeito líquido no aumento do consumo (aumento de posse + aumento de potência - conservação) - 2022/2012	38
Gráfico 10. Consumo específico de energia em setores industriais selecionados (tep/10 ³ t)	43
Gráfico 11. Intensidade elétrica e energética na indústria ¹	43
Gráfico 12 - Consumo energético por modal	50
Gráfico 13 - Matriz de transportes de Carga: atual e projeção	51
Gráfico 14 - Projeção para o setor de transporte, segmento de passageiro (milhões de tep)	51
Gráfico 15 - Projeção para o setor de transporte, segmento de cargas (milhões de tep)	52
Gráfico 16 - Projeção para o setor de transporte total: cargas e passageiro (milhões de tep)	53
Gráfico 17 - Projeção do consumo energético por setor, considerando o consumo evitado pela conservação de energia	56
Gráfico 18 - Autoprodução de eletricidade 2012-2022 (TWh)	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representação estilizada das estimativas de ganhos de eficiência energética apresentados nesta nota técnica.	4
Figura 2. Representação da abrangência de potenciais de conservação de energia	7
Figura 3. Potencial de conservação de energia pela força motriz nos setores. Ano base 2012.	9
Figura 4. Dinâmica de penetração de ações de eficiência energética por origem do indutor.	11
Figura 5. Viabilidade Econômica da fonte fotovoltaica	64
Figura 6. Metodologia de projeção da penetração de energia solar fotovoltaica distribuída por área de concessão de energia elétrica	65
Figura 7. Evolução de capacidade instalada e energia gerada	66

1 INTRODUÇÃO

A eficiência no uso da energia entrou na agenda mundial a partir dos choques no preço do petróleo dos anos 1970, quando ficou claro que o uso das reservas de recursos fósseis teria custos crescentes, seja do ponto de vista econômico, seja do ponto de vista ambiental. Logo se reconheceu que um mesmo serviço poderia ser obtido com menor gasto de energia e, consequentemente com menores impactos econômicos, ambientais, sociais e culturais. Equipamentos e hábitos de consumo passaram a ser analisados em termos da conservação da energia tendo sido demonstrado que, de fato, muitas iniciativas que resultam em maior eficiência energética são economicamente viáveis, ou seja, o custo de sua implantação é menor do que o custo de produzir ou adquirir a energia cujo consumo é evitado.

Mais recentemente, a busca pela eficiência energética ganhou nova motivação. Em adição à perspectiva de custos mais elevados da energia de origem fóssil, a preocupação com a questão das mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global do planeta, aquecimento este atribuído, em grande medida, à produção e ao consumo de energia, trouxe argumentos novos e definitivos que justificam destacar a eficiência energética quando se analisa em perspectiva a oferta e o consumo de energia. Essa preocupação se justifica mesmo em um país como o Brasil, em que o custo de produção de energia é, de uma forma geral, economicamente competitivo e que apresenta uma matriz energética em que quase metade está associada a energias renováveis.

No Brasil, diversas iniciativas sistematizadas vêm sendo empreendidas há mais de 20 anos. Destacam-se o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), cuja coordenação executiva está a cargo da Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRAS), e o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), cuja coordenação executiva é de responsabilidade da Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras), o Programa de apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO), cuja coordenação executiva pertence ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). O PBE é vinculado ao ministério do Desenvolvimento, da Indústria e do Comércio Exterior (MDIC). O PROCEL e o CONPET são vinculados o Ministério de Minas e Energia (MME).

Além destes, a Lei nº 10.295/2001 determina a instituição de “níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados e comercializados no país” e o Decreto nº 4.059/2001 regulamenta a mesma. Neste âmbito, mais recentemente, foi instituída a política de banimento

gradativo das lâmpadas incandescentes por faixa de potência através da Portaria Interministerial MME/MCTI e MDIC, nº 1.007/2010.

Cabe destacar que, sob a perspectiva de um horizonte de longo prazo, a energia conservada devido a ações de eficiência energética tem papel importante no atendimento à demanda futura de energia pela sociedade brasileira. O Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030) além de explicitar o papel da eficiência energética no planejamento energético nacional - destacando a sua importância - também apresenta pela primeira vez, em nível governamental e de forma integrada, a indicação de metas de eficiência energética no longo prazo para o país. Como elemento provocador da discussão estratégica nessa área, o PNE 2030 também destaca a necessidade de se estabelecer um sistema integrado de informação sobre eficiência energética no Brasil, além da elaboração de novos estudos sobre o tema, em suas mais diversas esferas, governamental, agentes privados, academia e sociedade em geral.

Exatamente com essa diretriz, os estudos da demanda de energia desenvolvidos pela EPE consideram e explicitam obrigatoriamente a contribuição quantitativa da eficiência energética na redução da demanda energética que deve ser atendida pela expansão da oferta de energia em qualquer horizonte, seja ele de médio ou longo prazos.

Levando-se em conta estimativas realizadas a partir do BEU, identifica-se que a grande parcela do potencial técnico de eficiência energética no Brasil encontra-se nos setores industrial, transportes e no residencial, que representaram juntos mais de 80% do consumo final energético do país em 2012 (BEN 2013). Partindo desse fato, esses setores são naturalmente elegíveis para uma abordagem mais detalhada da eficiência energética implícita na projeção da demanda de energia para o horizonte dos próximos 10 anos.

A título de ilustração, considerando-se os coeficientes técnicos publicados no Balanço de Energia Útil (BEU), é possível estimar considerando as tecnologias disponíveis no mercado a existência de um potencial técnico de eficiência energética de aproximadamente 8%. Embora este número não contemple análises de custo-benefício da implantação de medidas de eficiência energética, por si exibe a contribuição que estas medidas podem aportar, reduzindo/postergando a necessidade de expansão da oferta de energia. Isto significa evitar a construção de determinadas unidades de geração elétrica, expansão da produção de combustíveis (de origem mineral ou renovável), menor grau de solicitação de serviços de recursos naturais (redução de consumo de água, de uso de solo etc.). Ou seja, a eficiência energética tem papel relevante no aproveitamento dos recursos naturais disponíveis, de forma geral.

Adicionalmente, é importante destacar que neste ciclo de estudos decenais, a inclusão da geração distribuída ocorre dada a identificação da crescente importância que a mesma desempenhará nos próximos anos: de fato, o país tem caminhado na direção de incentivar a penetração da geração distribuída de pequeno porte, por exemplo, com a Resolução Normativa da ANEEL nº482/2012, que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e

minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, entre outras. Ademais, também este capítulo explicita melhor a contribuição de setores que tradicionalmente já investem em alternativas de geração distribuída de grande porte, como as grandes indústrias.

Assim, as ações pelo lado do consumidor final de energia neste horizonte decenal consideram tanto os ganhos de eficiência energética quanto a penetração de geração distribuída nestes consumidores finais. Juntas, tais alternativas contribuem com parcela importante do atendimento da demanda de energia neste horizonte e permitem reduzir a necessidade de expansão da geração centralizada no SIN.

Assim, o objetivo desta nota técnica é apresentar a estimativa dos ganhos de eficiência energética no consumo final de energia, bem como a penetração de geração distribuída para o horizonte nos próximos dez anos.

Neste sentido, esta nota técnica é segmentada em duas seções. A primeira delas inicia com a apresentação de algumas definições de eficiência energética utilizadas ao longo do texto, etapa necessária para explicitar ao leitor o significado dos números de eficiência energética aqui apresentados. Após essa definição inicial, apresentam-se o contexto de potencial de eficiência energética onde se inserem as estimativas apresentadas, estabelecendo os limites desta estimativa. Na sequência, são apresentadas as estimativas de evolução de indicadores de eficiência energética global e setorial, explicitando-se as premissas do estudo em cada caso. Finalmente, é apresentada a consolidação destes resultados e considerações finais sobre as perspectivas estimadas de ganhos de eficiência energética nos próximos dez anos, explicitando-se a contribuição setorial. Na segunda seção, são abordadas as perspectivas da geração distribuída no horizonte decenal, iniciando-se com as definições utilizadas nesta nota técnica, de modo a explicitar ao leitor claramente o significado dos números apresentados. Na sequência, apresenta-se uma visão agregada dos resultados obtidos, que são detalhados adiante conforme se trate de geração distribuída de grande ou pequeno porte.

Finalmente, a nota técnica finaliza com as considerações finais totais, comentando as perspectivas de penetração tanto de eficiência energética quanto de geração distribuída.

SEÇÃO I: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

2 DEFINIÇÕES GERAIS

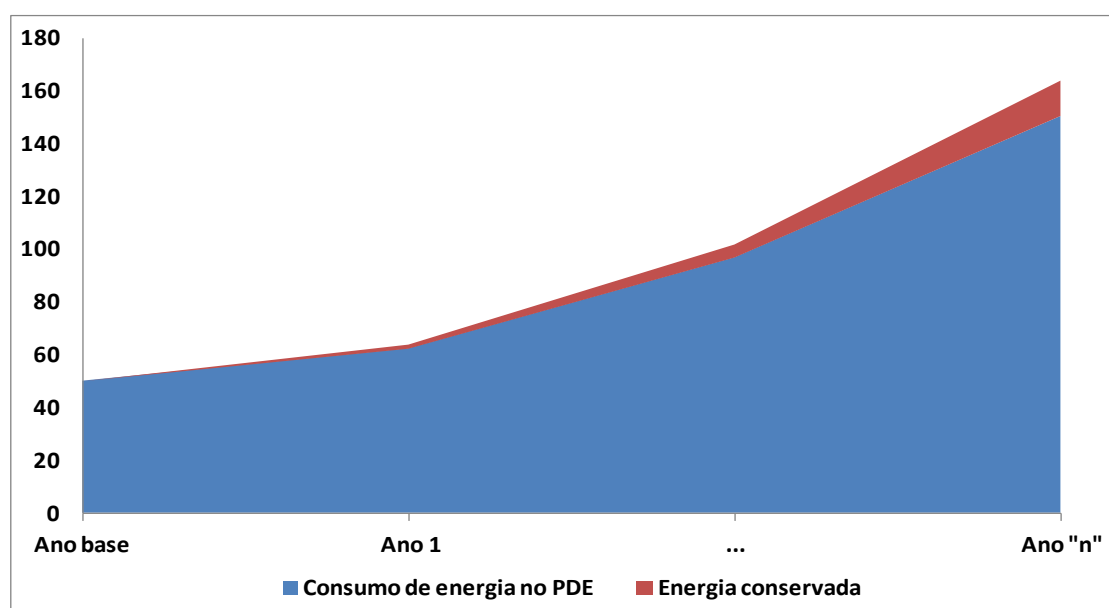
2.1 Estimativa de ganhos de eficiência energética

Para a adequada compreensão do significado dos ganhos de eficiência energética apresentados nesta nota técnica, faz-se necessário definir alguns conceitos utilizados ao longo desse texto.

A primeira definição se refere às expressões “energia conservada” e “conservação de energia”, que são utilizadas como sinônimo de consumo de energia evitado em decorrência da adoção de mudanças de padrão tecnológico no uso de energia, de estrutura do sistema consumidor ou de alterações de padrões/hábitos de consumo. Esta ressalva é importante, dado que estas expressões têm significados bastante precisos no âmbito da lei de conservação de quantidades, que engloba massa, energia e movimento, de modo que não haja confusão na interpretação destas expressões no âmbito desta nota técnica.

Outra definição importante é que os ganhos de eficiência energética apresentados correspondem à diferença observada entre a projeção do consumo final de energia - que incorpora esses ganhos de eficiência - e a projeção desse consumo na hipótese de serem mantidos os padrões tecnológicos e de uso da energia observados para o ano base. Esta abordagem é ilustrada na Figura 1. Ou seja, as projeções de demanda de energia apresentadas no PDE já consideram os ganhos de eficiência energética em cada setor de consumo.

Figura 1. Representação estilizada das estimativas de ganhos de eficiência energética apresentados nesta nota técnica.



Fonte: elaboração EPE

Outra consideração importante refere-se à forma de apuração dos ganhos de eficiência energética estimados no período, que se dá através da avaliação de evolução de indicadores de consumo específico de energia por unidade de produto. Esta unidade de produto normalmente considera um indicador físico, como por exemplo, por tonelada de produção (caso da indústria) ou por tonelada-quilômetro (“momento” de transporte, no caso deste setor). Esta abordagem é importante porquanto:

- Permite avaliar a evolução dos ganhos de eficiência energética considerando o mesmo nível de atividade de um determinado setor, ou seja, o mesmo volume de saídas (produção física de bens industriais, prestação de serviços e conforto) - sendo variável apenas a quantidade de energia necessária à sua produção ou realização. Esta abordagem possibilita depurar o efeito da atividade econômica sobre o consumo de energia, evitando que ganhos de eficiência sejam inadequadamente apropriados a ações de eficiência energética, quando, na verdade, a redução pode ter se dado devido, por exemplo, à retração da atividade econômica.
- Ainda que seja considerado o mesmo nível de atividade nesta análise, é importante separar o efeito de alterações estruturais que impactem esses indicadores cuja relação direta com ações de efficientização não seja tão evidente. Um exemplo conveniente inclui as refinarias de petróleo que apresentam contínuo aumento de indicadores globais de consumo de energia por barril de petróleo processado, em função do aumento do grau de complexidade média do parque brasileiro de refino, mas que ainda assim apuram ganhos de eficiência energética. Nesse caso, a análise dos ganhos de eficiência energética deve considerar indicadores de natureza *bottom up*;
- Nesta abordagem, não foram consideradas mudanças de hábitos/padrão de consumo ou regime de operação de equipamentos.

Ademais, outra consideração importante é que efeitos sistêmicos advindos de alterações na estrutura de cada setor não foram contabilizados nos ganhos de eficiência energética estimados no horizonte decenal, excetuando-se o caso do setor de transportes de carga, em que o impacto do Plano Nacional de Logística de Transporte (PNLT) foi incorporado à estimativa destes ganhos de eficiência energética. Cumpre destacar também que o recentemente publicado Plano Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) não teve o impacto quantificado nos ganhos de eficiência energética, uma vez que as ações específicas neste campo, da qual dependem as estimativas desses impactos, serão mais bem detalhadas futuramente pelos órgãos e instituições com competência e delegação formal para essa atividade. A Tabela 1 sumariza os aspectos considerados em cada setor nesta nota técnica.

Tabela 1. Aspectos considerados em cada setor de consumo final, para fins de contabilização dos ganhos de eficiência energética no horizonte decenal.

Aspectos			
Setor	Tecnológicos	Padrões de uso/hábito	Sistêmicos
Indústria/Energético	×	-	-
Transportes	×	-	×
Residencial	×	-	-
Agropecuária	×	-	-
Comércio/Serviços	×	-	-
Público	×	-	-

Fonte: elaboração EPE

A seguir, serão abordados os demais conceitos acerca de eficiência energética utilizados nesta nota técnica.

2.2 Energia útil

Outro conceito utilizado é o de energia útil. Conforme Marques *et al.* (2006), energia útil “significa a forma energética última, efetivamente demandada pelo usuário, devendo ser algum fluxo energético simples, como calor de alta e baixa temperatura, iluminação e potência mecânica”.

A estimativa dos valores de energia útil no Brasil é apresentada no Balanço de Energia Útil (BEU), publicado em intervalos de 10 anos, e cuja edição mais recente tem como ano base 2004 (MME/FDTE, 2005). De acordo com esse documento, a energia útil é a parcela da energia final efetivamente utilizada em um dado uso, ou seja, a energia final menos as perdas. Expresso de outra forma corresponderia ao produto da energia final por um rendimento energético.

Com relação ao conceito de rendimento energético, o adotado na formulação do BEU “se refere apenas à primeira transformação de energia do processo produtivo”, tratando-se de uma simplificação e reduzindo o potencial de economia calculado por não considerar perdas (e consequentes oportunidades de aumento da eficiência) para todo o sistema energético: as perdas reais serão sempre maiores do que as estimadas.

O BEU apresenta, para efeitos de análise do potencial de economia de energia, dois valores para os rendimentos energéticos:

- Rendimento “real” ou “efetivo”, associado às instalações em atividade no Brasil;

- Rendimento de referência, que corresponde a um valor (máximo) disponível no mercado para determinada tecnologia¹.

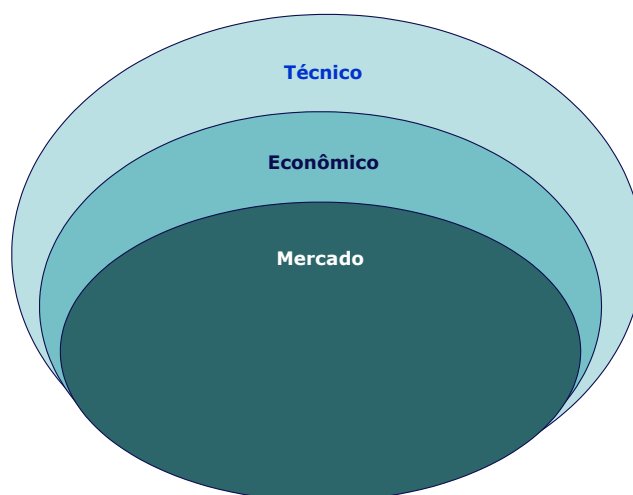
O potencial de conservação de energia calculado a partir dos parâmetros apresentados no BEU se aproxima, portanto, do potencial técnico conforme descrito em EPRI (2009) - economias resultantes da adoção das tecnologias mais eficientes disponíveis, sem levar em conta a viabilidade econômica destas tecnologias.

2.3 Potenciais de conservação de energia

2.3.1 Definições gerais

Em estudos de potencial de conservação de energia, é possível vislumbrar três cenários de introdução de medidas de eficiência energética (MEE), representados na Figura 2.

Figura 2. Representação da abrangência de potenciais de conservação de energia



Fonte: elaboração EPE

O potencial técnico visa estabelecer um limite de penetração das medidas, dado pela substituição de todos os usos da energia considerados por equivalentes com a tecnologia mais eficiente disponível. Este potencial não considera custos ou qualquer outro impedimento de absorção da tecnologia, sendo, portanto, menos um cenário e mais um valor limite para balizamento dos outros estudos.

O potencial econômico, por sua vez, corresponde a um subconjunto do potencial técnico, onde são consideradas apenas as medidas que apresentam viabilidade econômica para

¹ Como indicado no BEU, “os rendimentos de referência não devem ser considerados como o estado da arte disponível na literatura técnica, mas como o estado da arte disponível entre os equipamentos comercializados normalmente”.

implementação. No entanto, a viabilidade econômica depende da ótica de quem a analisa - neste cenário, procura-se comparar as MEE com as alternativas de expansão do sistema elétrico, adotando-se, portanto, as variáveis que norteiam essa expansão, em especial a taxa de desconto e o custo marginal de expansão: busca-se verificar até que ponto seria interessante investir em evitar o uso da energia antes de expandir o sistema.

No potencial de mercado, ao contrário, procura-se analisar as medidas que seriam introduzidas “por si mesmas”, ou seja, aquelas cuja adoção traria redução de custos ao usuário, analisadas, portanto, pela sua ótica, em particular a taxa de desconto praticada e a tarifa de eletricidade a que está submetido. Mesmo neste cenário, outras barreiras poderão impedir a sua total penetração - é para sua minimização que devem existir as políticas públicas adequadas. Outro aspecto que é levado em consideração na análise deste potencial de mercado inclui a identificação de barreiras que dificultem a adoção das MEE no consumidor final.

Deve-se notar que todos os três conceitos de potencial de conservação de energia evoluem continuamente ao longo do tempo: novas tecnologias ampliam o cenário técnico, enquanto o seu desenvolvimento e economias de escala provocadas por maiores penetrações no mercado diminuem o seu custo, ampliando os cenários econômico e de mercado. Por outro lado, a penetração de uma MEE se dá através de uma “curva de aprendizado”, com parâmetros dependentes de diversas variáveis, inclusive das políticas de incentivo.

Importante destacar que os ganhos de eficiência energética apresentados nesta Nota Técnica aproximam-se do conceito de potencial de mercado, uma vez que tanto a parcela tendencial dessa contribuição quando a induzida implicitamente consideram a premissa de implementação da MEE na ótica do consumidor final.

2.3.2 Estimativa de potenciais global e setoriais de eficiência

O Balanço de Energia Útil (MME/FDTE, 2005) disponibiliza uma ferramenta que permite o cálculo de potenciais de conservação de energia a partir de coeficientes técnicos, comparando a eficiência verificada nos processos energéticos com valores referenciais que corresponderiam, conforme já assinalado, às melhores tecnologias disponíveis comercialmente.

Utilizando-se os valores apurados no Balanço Energético Nacional (BEN) para o ano base 2012 (EPE, 2013) e os parâmetros técnicos do BEU, válidos para 2004, pode-se calcular o potencial de conservação para todas as formas de energia. Os valores assim obtidos são indicados na Tabela 2.

Tabela 2. Potencial de conservação de energia - BEU (10^3 tep/ano) - ano base de 2012

Uso final	Setor					Total
	Residencial	Comercial ¹	Transporte	Industrial ²	Agropecuário	
Força motriz	29,3	43,3	7.432,1	1.207,3	296,8	9.008,8
Calor de processo	53,8	14,5	0	2.656,5	51,6	2.776,4
Aquecimento direto	1.810,6	58,4	0	3.148,6	118,3	5.135,8
Refrigeração	462,5	225,3	0	101,6	26,7	816,1
Iluminação	1.157,6	694,6	0	118,0	35,3	2.005,5
Eletroquímica	0	0	0	234,4	0	234,4
TOTAL	3.513,8	1.036,1	7.432,1	7.466,4	528,6	19.977

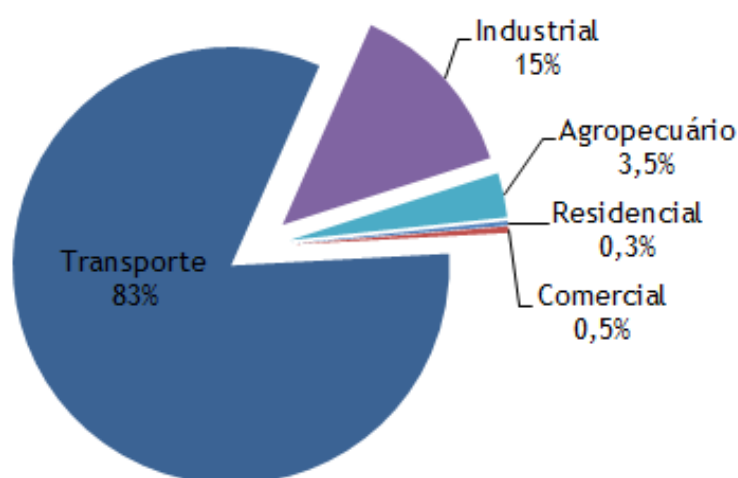
Notas: ¹ Inclui setor público.

² Inclui o setor energético.

Fonte: elaboração EPE

Por estar na força motriz o maior percentual de conservação de energia (45%) do uso final, a Figura 3 mostra quais são os setores mais representativos para serem priorizados nas ações de eficiência energética. Como se pode observar, é o setor de transporte aquele que apresenta maior potencial de conservação para acionamentos motrizes, seguido do setor industrial, dentro das características próprias de cada setor.

Figura 3. Potencial de conservação de energia pela força motriz nos setores. Ano base 2012.



Fonte: elaboração EPE

Em termos totais de quantidade de energia conservada, os maiores potenciais encontram-se nos setores industrial e transporte, embora também mereça destaque os valores calculados para o setor residencial. Em termos proporcionais, o setor residencial é o que apresenta maior potencial uma vez que o valor de 3,5 milhões de tep representou 15% do total da energia consumida nesse setor em 2012. Nesses termos, as residências são seguidas pelo setor de transportes (9%). Em média, o potencial de conservação seria de 9% do consumo final energético de todos os setores.

Visto de outra forma, o potencial de conservação de energia no setor residencial, por exemplo, em que a forma de energia predominante é a energia elétrica, equivaleria a uma usina hidrelétrica de mais de 8.000 MW de potência instalada. No setor de transportes, em que os principais energéticos consumidos são óleo diesel, gasolina e etanol, o potencial de conservação calculado equivaleria a cerca de 148 mil barris por dia, ou seja, cerca de 7% da produção nacional de petróleo em 2012.

2.4 Dinâmica de penetração da eficiência energética: progressos tendencial e induzido

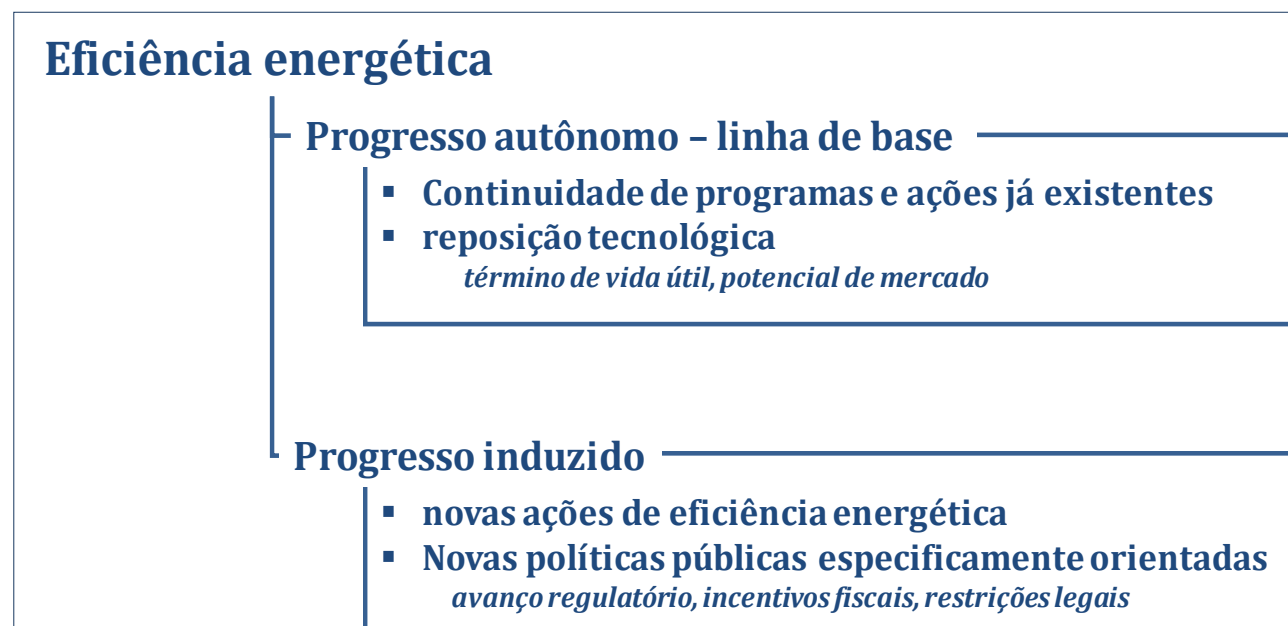
Os ganhos de eficiência energética estimados no horizonte decenal compõem-se, basicamente, de duas parcelas, com contribuições distintas no horizonte decenal.

A primeira delas denomina-se **progresso tendencial**, e corresponde ao movimento tendencial do consumidor final de energia, que inclui contribuições tais como a reposição tecnológica natural devido ao término da vida útil de equipamentos, os efeitos de políticas, programas e ações de conservação já em prática no país. Pode-se dizer que corresponde a uma trajetória do tipo *business-as-usual*.

A segunda parcela de contribuição denomina-se **progresso induzido**, necessitando da instituição de programas e ações adicionais orientados para o incentivo à eficiência energética, sejam de caráter transversal, sejam voltados para setores específicos. Essa parcela relaciona-se, fundamentalmente, à ação de políticas públicas neste campo, que se encontra em estágio de estudos para implantação no horizonte decenal, por exemplo.

Assim, nesta Nota Técnica, os montantes de conservação indicados são decorrentes do efeito combinado dos progressos tendencial e induzido, ainda que com forte predominância do progresso tendencial, no qual o impacto de novos programas e políticas foi considerado limitado, dado o horizonte do período de análise de dez anos, em que ações demandam certo tempo de maturação para surtir efeitos mensuráveis relevantes. A Figura 4 ilustra esses conceitos.

Figura 4. Dinâmica de penetração de ações de eficiência energética por origem do indutor.



Fonte: elaboração EPE

2.5 Monitoramento de progresso: indicadores de eficiência energética

O uso de indicadores de eficiência energética permite (ODYSSEE, 2011): (i) monitorar o progresso da eficiência energética na economia e em setores específicos; (ii) avaliar o impacto de políticas e programas voltados para eficiência energética, inclusive justificando a manutenção ou a interrupção de determinadas ações; (iii) planejar ações futuras, incluindo programas de P&D; (iv) alimentar parâmetros de modelagem de modo a melhorar a qualidade de projeções de demanda de energia; (v) possibilitar comparações internacionais entre setores e entre países.

Outros autores definem que os indicadores energéticos descrevem as relações entre o uso de energia e a atividade econômica de forma desagregada, representando medições do consumo de energia, permitindo identificar os fatores que o afetam (SCHIPPER *et al.*, 2001). Tolmasquim *et al.* (1998) destacam, ainda, que os indicadores globais prestam-se a avaliar a eficiência energética de um país como um todo, possibilitando a comparação com outros países e o acompanhamento da evolução da eficiência ao longo do tempo. Patterson (1996), por sua vez, destaca o entendimento de “eficiência energética” como um processo associado a um menor uso de energia por cada unidade de produção, o que torna a avaliação de indicadores de eficiência energética uma atividade fundamental.

Em todas essas definições, o ponto comum é o uso destes indicadores como uma ferramenta útil de avaliação do progresso da eficiência energética como um todo ou em setores específicos.

Cabe ressaltar, contudo, que essa avaliação deve vir necessariamente acompanhada da análise das especificidades setoriais aplicáveis - a simples queda ou aumento de um indicador não necessariamente significa melhoria ou perda de eficiência energética, além da correta separação de outros efeitos que podem interferir na evolução de um indicador: como por exemplo, parte da escolha de um equipamento eficiente pode ser atribuída a outros fatores que não necessariamente à incidência de uma determinada política voltada para eficiência energética. É necessário, assim, conjugar-se o monitoramento de indicadores com outras ferramentas de análise, de modo a avaliar corretamente o impacto de uma determinada ação incentivada para eficiência energética.

A seleção de indicadores a serem utilizados para avaliar o progresso da eficiência energética nas projeções decenais é uma atividade importante, devendo a seleção ser convergente com este objetivo. A partir disso, procedeu-se à avaliação do conjunto de indicadores que poderiam ser utilizados com este objetivo e, a partir da lista de indicadores propostos pela *International Atomic Energy Agency* (IAEA, 2005), selecionaram-se como mais relevantes aqueles apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Indicadores energéticos

Tema	Indicador	Componentes
Uso total	Uso de energia por habitante	Uso de energia (oferta total, consumo final total) População total
Produtividade total	Uso de energia por unidade de produto interno bruto	Uso de energia (oferta total, consumo final total) Produto interno bruto
Eficiência do suprimento	Eficiência na conversão e distribuição	Perdas nos centros de transformação Perdas nos sistemas de transmissão e distribuição
Uso final	Intensidade energética - setor industrial	Uso de energia por setor industrial
	Intensidade energética - setor agropecuário	Valor adicionado da indústria
	Intensidade energética - setor serviços	Uso de energia no setor agropecuário
	Intensidade energética - setor residencial	Valor adicionado da agropecuária
	Intensidade energética - setor transportes	Uso de energia no setor de serviços
		Valor adicionado para o setor serviços
		Uso de energia no setor residencial e para os principais usos finais
		Uso de energia para transporte de cargas e passageiros e por modal
		Passageiro-km e tonelada-km por modal

Fonte: IAEA (2005)

A partir dessa seleção, o conjunto de indicadores globais aplicado à avaliação dos ganhos de eficiência energética no horizonte decenal é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Indicadores de eficiência energética utilizados no horizonte decenal

Indicador	Expressão	Unidade (*)
<i>Consumo final per capita</i>	Consumo final de eletricidade por habitante	kWh/hab
	Consumo final de energia por habitante	tep/hab
<i>Consumo final por domicílio</i>	Consumo final de eletricidade por domicílio	kWh/dom
<i>Intensidade energética</i>	Consumo final de energia por unidade de valor adicionado	MWh/R\$ tep/R\$
<i>Consumo específico</i>	Consumo final de energia por unidade física de produto	MWh/t tep/t

Nota: (*) Em função dos valores expressos, as unidades poderão ser revistas para múltiplos ou submúltiplos das indicadas.

2.6 Mecanismos de Eficiência Energética no Brasil

A análise dos mecanismos de eficiência energética tem como objetivo compreender qual a sua funcionalidade dentro de determinado contexto, dependendo da característica do público alvo, das barreiras a serem superadas e dos fatores específicos de cada país. Os mecanismos podem ser de diversas naturezas e agrupados de diferentes formas.

Nesta Nota Técnica, utiliza-se a definição e os critérios da *International Energy Agency* (IEA, 2000), em virtude da importante contribuição e participação ativa que esta instituição vem demonstrando em relação à promoção da eficiência energética.

De acordo com a definição da *International Energy Agency* (IEA, 2000), “mecanismos são iniciativas que objetivam superar barreiras, as quais impedem a busca por atividades eficientes em termos de custo² relacionadas à resposta da demanda a estímulos³ (DR), ao Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD) e à eficiência energética de uma forma geral, bem como a realização de metas nacionais de economia de energia”. Os mecanismos de eficiência energética, em geral, fazem parte de programas ou pacotes amplos de política energética e se complementam ou se superpõem de forma a intensificar os resultados obtidos dos programas dos quais fazem parte. A *International Energy Agency* (IEA, 2000) identificou 25 mecanismos para promoção da eficiência energética, agregados em quatro categorias:

- Mecanismos de suporte: fornecem apoio para as mudanças de comportamento, seja na formação de técnicos através de cursos, treinamentos, como na elaboração disponibilização de diagnósticos energéticos, ferramentas de análise, como “softwares”,

² Em inglês, *cost-effective*.

³ Em inglês, *demand response*.

portais na internet e publicações técnicas. Esse suporte é tanto para os usuários finais (consumidores), como para as empresas, indústrias etc.;

- Mecanismos de controle: são aqueles direcionados à mudança de comportamento no mercado de energia, em geral, de caráter mandatório, através da aplicação de condicionantes para licenciamento e concessão, requerimentos legais, critérios de desempenho etc.;
- Mecanismos de mercado: utilizam as forças de mercado, em geral, via preço de produtos ou serviços energéticos e aumento da transparência ao consumidor final para influenciar as escolhas dos mesmos na direção do consumo racional de energia;
- Mecanismos de fundos: fornecem recursos para outros mecanismos, promovendo a comercialização/investimentos em eficiência energética, de forma comparativamente vantajosa. Os fundos, frequentemente são provenientes do orçamento do governo.

Na Tabela 5 ilustra-se a correlação entre as classificações acima apresentadas e alguns exemplos de iniciativas em vigor no mercado brasileiro de eficiência energética.

Tabela 5 - Relação das Principais Iniciativas em Eficiência Energética e os Mecanismos Utilizados no Brasil

Tipos de Mecanismos	Setores				
	Industrial	Residencial	Comercial	Público	Transportes
Suporte	PROCEL/CONPET	PROCEL/CONPET	PROCEL/CONPET	PROCEL/CONPET	PROCONVE/CONPET
	CNI/PBE/SEBRAE	PBE	PBE/SEBRAE	PBE	PBE
Controle	Lei de Eficiência Energética e CGIEE	Lei de Eficiência Energética e CGIEE	Lei de Eficiência Energética e CGIEE	Lei de Eficiência Energética e CGIEE	Lei de Eficiência Energética, CGIEE, PNMC e PNLT
	PEE da ANEEL PNMC	PEE da ANEEL, PNMC Programa Minha Casa, Minha Vida	PEE da ANEEL, PNMC	PEE da ANEEL, PNMC	
Mercado	Informação e divulgação	Informação e divulgação IPI para equipamentos eficientes	Informação e divulgação IPI para equipamentos eficientes	Informação e divulgação IPI para equipamentos eficientes Compras eficientes	Informação e divulgação IPI para equipamentos eficientes
Fundo	RGR CTEnerg e PEE (Lei 9.991/2000) PROESCO	RGR CTEnerg e PEE (Lei 9.991/2000)	RGR CTEnerg e PEE (Lei 9.991/2000) PROESCO	RGR CTEnerg e PEE (Lei 9.991/2000) RELUZ PROESCO	CTEnerg

Nota: CGIEE - Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética, CONPET - Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural, CTEnerg - Fundo Setorial de Energia Elétrica, CNI - Confederação Nacional da Indústria, PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem, PEE - Programa de Eficiência Energética, PNLT - Plano Nacional de Logística em Transportes, PNMC - Plano Nacional de Mudanças Climáticas, PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, PROCONVE - Programa de controle de poluição do ar por veículos Automotores, PROESCO - Projetos de Eficiência Energética, SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, RELUZ - Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes

Fonte: Adaptado com base em CEPAL (2011)

Cabe destaque para o mecanismo de controle implementado no Brasil, que pode ser considerado um grande exemplo de políticas públicas, conhecida como a “Lei de Eficiência Energética” de nº 10.295/2001, dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, que tem como principal objetivo informar os usuários finais sobre o nível de eficiência energética de edificações, equipamentos e instalações comparadas a produtos com funcionalidade idêntica, promovendo a transparência de mercado e auxiliando no aumento da demanda por soluções energeticamente eficientes.

A Lei nº 10.295 também estabelece que, um ano após a publicação dos níveis de eficiência energética, será estabelecido um programa de metas para sua progressiva evolução e obriga os fabricantes e importadores dos aparelhos a adotar as medidas necessárias para que sejam obedecidos os níveis máximos de consumo de energia e mínimos de eficiência energética, constantes da regulamentação estabelecida para cada tipo de equipamento.

Para regulamentar a Lei de Eficiência Energética, foi promulgado o Decreto nº 4.059, de 2001, que instituiu o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), que tem por objetivo implementar o disposto na Lei de Eficiência Energética, regulamentando os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, bem como das edificações construídas.

O CGIEE tem como atribuições principais a elaboração das regulamentações para cada tipo de aparelho consumidor de energia, o estabelecimento do Programa de Metas com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados por cada equipamento regulamentado e a constituição de Comitês Técnicos para analisar matérias específicas.

A Tabela 6 apresenta o plano de trabalho para o ciclo de 2012 a 2016 do CGIEE, aprovado em sua 19ª Reunião Ordinária, realizada em 14/06/2012 (CGIEE, 2012).

Tabela 6 - Agenda de Regulamentação de Níveis Mínimos de Eficiência de Equipamentos no Brasil (2012-2016)

	REGULAMENTAÇÃO DE NÍVEIS MÍNIMOS		Classificação das Prioridades *						
	EQUIPAMENTO	SITUAÇÃO ATUAL	1	2	3	4	5	Resultado	
1	Lâmpada à vapor de sódio	Etiquetagem Compulsória	S	S	S	S	S	Prioridade 1	2 0 1 2 3 ~
2	Máquina de lavar roupa	RAC proposto (revisão da etiquetagem compulsória em 2012 com prazo de adequação para 2013)	S	S	S	S	S	Prioridade 1	
3	Reatores Eletrônicos e Eletromagnéticos para Lâmpada fluorescente tubular	Selo Procel e certificação compulsória do Inmetro	S	S	S	S	S	Prioridade 1	
4	Ventilador de teto	Etiquetagem Compulsória	S	S	S	S	S	Prioridade 1	
5	Transformadores de Distribuição Monofásico e Trifásicos	Etiquetagem voluntária (proposta de compulsoriedade em 2012 com prazo de adequação para 2013/2014)	S	S	S	S	S	Prioridade 1	
1	Forno de microwaves	Etiquetagem compulsória com prazo de adequação para 2013	S	S	S	S	S	Prioridade 2	2 0 1 4 ~ 2 0 1 6
2	Lâmpada mista	Etiquetagem compulsória em 2013 com prazo de adequação para 2014	S	S	N	S	S	Prioridade 2	
3	Lâmpada a Vapor de Mercúrio	Etiquetagem compulsória em 2013 com prazo de adequação para 2014	S	S	N	S	S	Prioridade 2	
4	Bomba centrífuga mono e trifásica	Etiquetagem compulsória em 2010 com prazo de adequação entre 2013 e 2014	S	S	S	S	S	Prioridade 2	
5	Forno elétrico comercial (padaria)	RAC proposto (Etiquetagem compulsória para 2013)	S	S	N	S	N	Prioridade 2	
6	Lâmpada fluorescente tubular	RAC proposto (Etiquetagem para 2013)	S	S	N	S	S	Prioridade 2	
7	Luminárias para iluminação pública	RAC proposto (Etiquetagem para 2013)	S	S	N	S	S	Prioridade 2	
8	Monitor e TV - Modo "On"	RAC proposto (revisão da etiquetagem compulsória para 2012 com prazo de adequação para 2013)	S	S	N	S	S	Prioridade 2	
9	Ventilador de mesa	Etiquetagem compulsória em 2011 com prazo de adequação para 2012	S	S	S	S	S	Prioridade 2	
10	Chuveiro elétrico **	Etiquetagem compulsória em 2012 com prazo de adequação para 2013	S	S	S	S	N	Prioridade 2	
11	Bebedouro	Processo de regulamentação em andamento	S	S	N	S	N	Prioridade 2	
1	Centrífuga de Roupa	RAC proposto (etiquetagem compulsória em 2012 com prazo de adequação para 2013)	N	S	N	S	N	Em estudo	
2	Receptor de TV	SEM GT	S	S	N	S	N	Em estudo	
3	LED / OLED	Sem GT	N	S	N	S	N	Em estudo	
4	Bombas de Calor	Etiquetagem iniciará após conclusão do Laboratório de Bombas de Calor do IPT	N	S	N	S	N	Em estudo	
5	Compressores	Não há previsão de regulamentação do Inmetro	S	S	N	N	N	Em estudo	
6	Ventiladores Industriais	Não há previsão de regulamentação do Inmetro	S	S	N	S	N	Em estudo	
7	Luminárias Comerciais (para Interiores)	Não há previsão de regulamentação do Inmetro	S	S	N	S	S	Em estudo	
8	Prédios Públicos Federais Novos e Retrofitados	Etiquetagem Voluntária	S	S	N	S	S	Em estudo	
9	Coletores e Reservatórios Solares	Etiquetagem compulsória em 2012 com prazo de adequação para 2014	N	N	S	S	N	Em estudo	
10	Fonte de Alimentação	Certificação voluntária de segurança em 2011	S	S	N	S	S	Em estudo	
11	Veículos	Etiquetagem voluntária (sem previsão, ainda, de compulsoriedade)	S	S	N	S	N	Em estudo	
1	Relé fotoelétrico	SEM GT (Estudo em andamento! Provável caso de Certificação e não de ENCE)	S	N	N	S	N	***	
2	Ferro elétrico	Sem GT - Segurança Elétrica - Portaria INMETRO 371/10	S	S	N	S	N	**	
3	Fornos Elétricos, Sanduicheira, Torradeira, Prancha Alisadora, Secador de	Sem GT - Segurança Elétrica - Portaria INMETRO 371/10	N	S	N	?	N	**	

Nota: * Critérios para Classificação das Prioridades de Regulamentação pelo CGIEE:

- 1- Participação no Mercado
- 2- Potencial de Economia
- 3- Grau de maturidade da Etiquetagem, Certificação ou Selo
- 4- Disponibilidade de Laboratórios para ensaios que atendam à demanda
- 5- Existência de Comitê Técnico (CT) do CGIEE para a Atividade

** A etiquetagem de chuveiro elétrico, assim como Ferro e fornos elétricos não se relacionariam especificamente com eficiência energética e sim com a potência do equipamento (níveis máximos de consumo)

*** A etiquetagem do relé fotoelétrico não se refere ao desempenho energético específico do equipamento, mas está vinculada ao correto funcionamento do conjunto lâmpada + reator

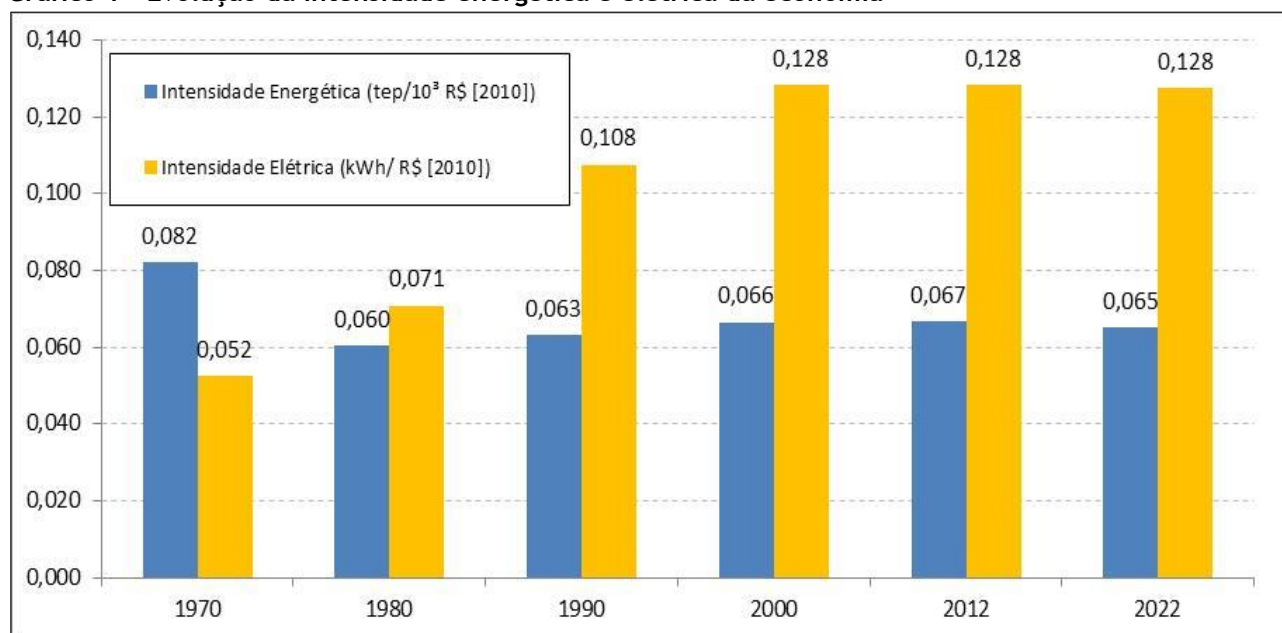
Fonte: CGIEE (2012)

3 ESTIMATIVA TOTAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO HORIZONTE DECENAL

3.1 Indicadores agregados de eficiência energética

No horizonte decenal, estima-se que o consumo final de energia atinja aproximadamente 368 milhões de toneladas equivalentes de petróleo em 2022. Dado o crescimento econômico previsto no horizonte 2013-2022, com taxa média anual de crescimento do PIB de aproximadamente 4,7%. A intensidade energética mantém o mesmo patamar dos anos de 2000 e 2012, com um ligeiro decréscimo no final da projeção no horizonte de 2022. A intensidade elétrica se mantém igual ao valor de 2000.

Gráfico 1 - Evolução da intensidade energética e elétrica da economia



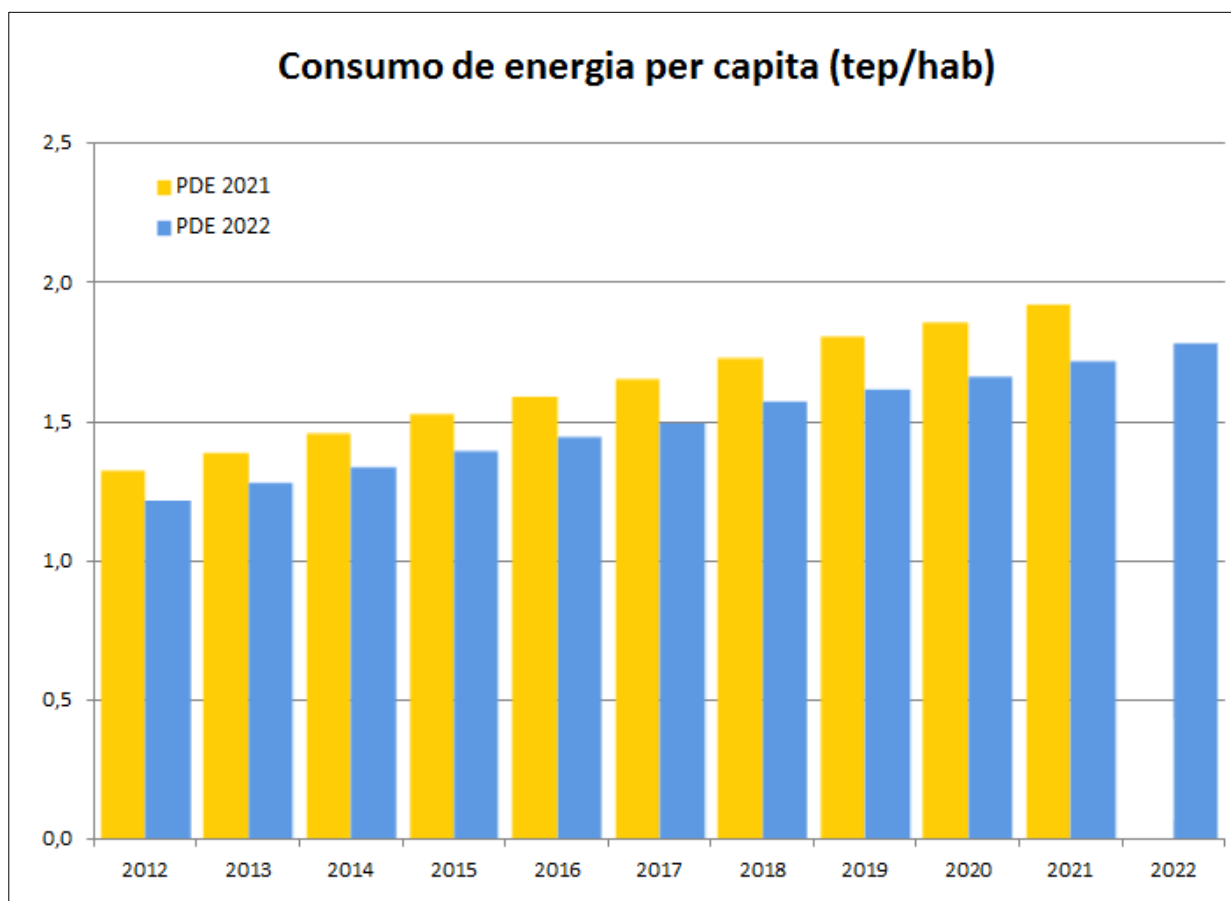
Fonte: elaboração EPE

A comparação dos indicadores de consumo de energia e eletricidade per capita, da atual projeção do PDE 2022 com a do PDE 2021 estão ilustradas nos Gráfico 2 e Gráfico 3.

O Gráfico 2 mostra a comparação das projeções de consumo de energia per capita (tep/hab), para o PDE 2022, observa-se uma redução média de 9% em relação ao PDE anterior, influenciadas por uma trajetória de crescimento econômico inferior, pela revisão, para baixo, do cenário de expansão das grandes cargas industriais, assim como uma queda observada na participação da lenha, que se deve à incorporação dos resultados preliminares da pesquisa

nacional de coleta de dados primários relacionados ao consumo de lenha e carvão vegetal, conduzida pela EPE⁴.

Gráfico 2 - Consumo de energia per capita (tep/hab)

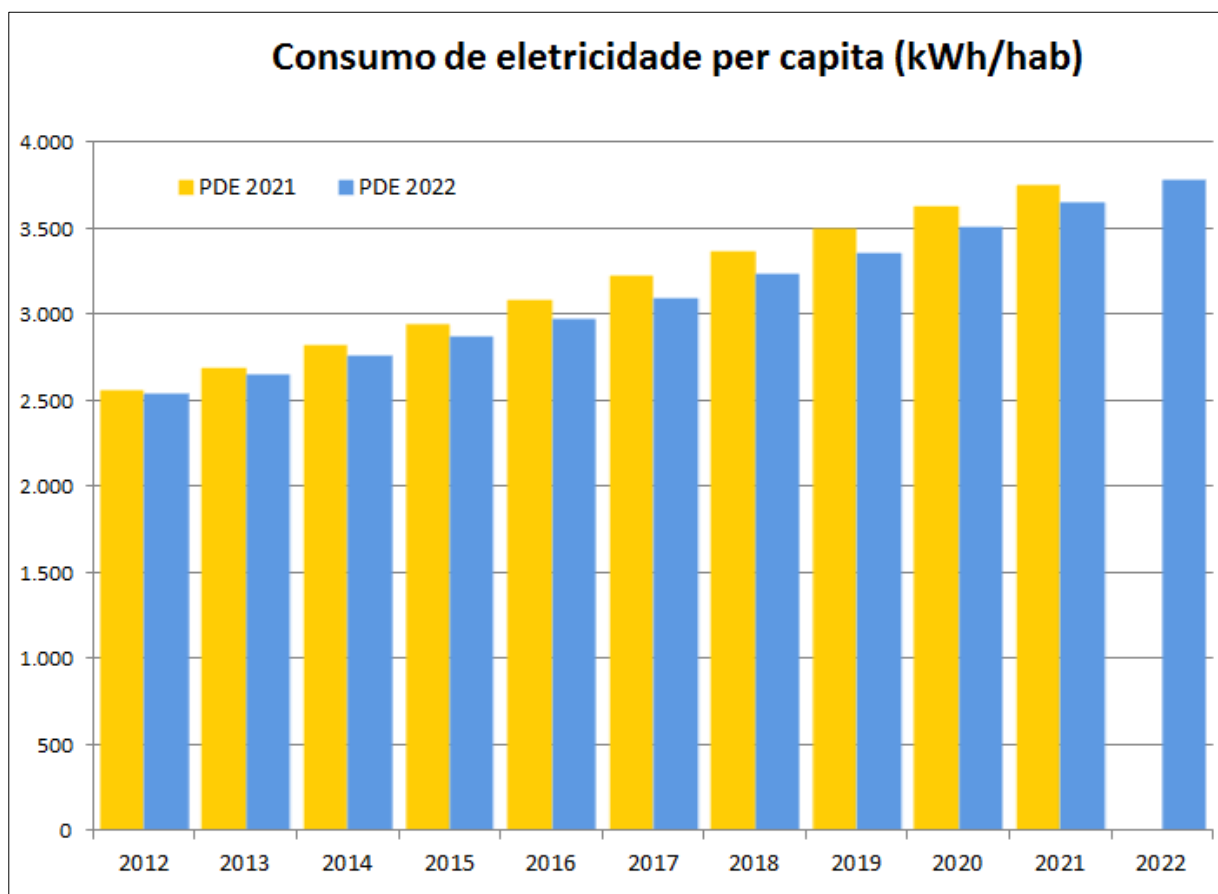


Fonte: elaboração EPE

Conforme se pode observar no Gráfico 3, a projeção de consumo de eletricidade per capita, para o PDE-2022 apresenta um consumo inferior à previsão do PDE 2021, em função da expansão mais modesta do que se havia previsto da economia deste ano, sobretudo no que se refere à atividade industrial. A metodologia utilizada, nas projeções do consumo energia elétrica, está descrita em maior detalhe em nota técnica específica (EPE, 2013).

⁴ Contrato nº CT-EPE-002/2011 conforme especificações do Projeto Básico do Edital do Pregão Eletrônico nº PE.EPE.020/2010.

Gráfico 3 - Consumo de eletricidade per capita (kWh/hab)



Fonte: elaboração EPE

A título de comparação, na Tabela 7, são apresentados indicadores globais de consumo de energia divulgados pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2012) e relacionados ao ano de 2010. Observe-se que, para o grupo de países e regiões selecionados, a relação entre oferta interna de energia (OIE) e produto interno bruto (PIB) do Brasil é uma das mais baixas, acima apenas da Argentina, Chile e México e o consumo de eletricidade per capita brasileiro está num patamar menor que o da China, ligeiramente superior ao do México e inferior aos de Argentina (-18%) e Chile (-28%).

Tabela 7. Indicadores energéticos globais de países selecionados (2010)

País/Região	População (10 ⁶ hab)	PIB ¹ (10 ⁹ US\$)	Consumo de energia		Indicadores		
			OIE ² (10 ⁶ tep)	Eleticidade (TWh)	(tep/10 ³ US\$)	(kWh/hab)	(tep/hab)
OECD	1.232	37.113	5.406	10.246	0,19	8.315	4,39
Ásia	2.229	9.072	1.524	1.796	0,17	806	0,68
África	1.022	2.769	682	603	0,25	591	0,67
África do Sul	49,99	473,77	136,87	240,09	0,27	4.532	2,92
Argentina	40,41	580,43	74,63	117,38	0,13	2.904	1,85
Chile	17,09	232,68	30,92	56,43	0,13	3.301	1,81
China	1.345	12.194,40	2.257,10	3.503,40	0,26	2.958	1,81
Estados Unidos	301,11	13.017,00	2.162,32	4.143,40	0,17	13.361	7,15
Índia	1.170,94	3.762,86	692,69	754,61	0,18	644	0,59
México	108,29	1.406,83	178,11	225,76	0,13	2.085	1,64
Rússia	141,75	1.530,15	646,91	870,33	0,35	6.460	4,95
Brasil	194,95	1.960,36	265,62	464,70	0,14	2.384	1,36
Mundo	6.825	68.431	12.717	19.738	0,19	2.892	1,86

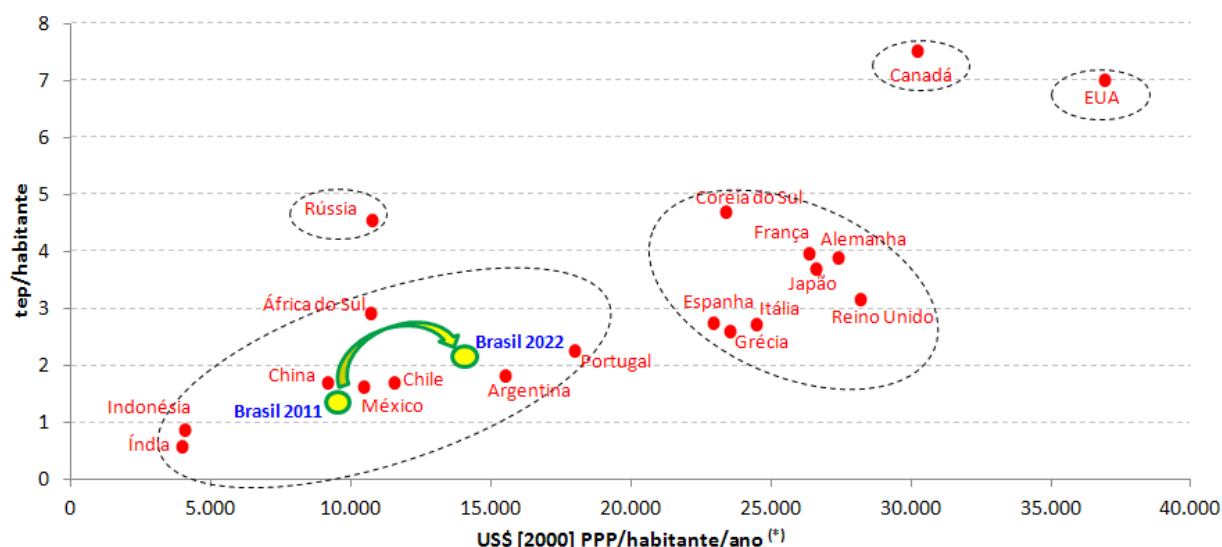
Notas: ¹ PIB expresso segundo conceito de “paridade de poder de compra”.

² OIE: Oferta Interna de Energia

Fonte: IEA (2012)

O Gráfico 4 mostra o posicionamento atual do Brasil, no que se refere à renda per capita e ao consumo energético per capita, numa posição bastante próxima à da China e do México. Na projeção do consumo energético, em 2022, o Brasil evolui no sentido de um maior consumo energético per capita, se mantendo no mesmo patamar que a Argentina em 2010.

Gráfico 4 - Intensidade Energética de países selecionados



(*) PIB per capita referenciado a US\$ [2005] PPP. Os dados são relativos ao ano de 2010 para todos os países com exceção do Brasil.

Nota: o consumo de eletricidade inclui autoprodução.

Fonte: IEA (2012)

3.2 Setor residencial

3.2.1 Considerações iniciais

Conforme dados do BEN 2013 (ano base 2012) destacam-se, no setor residencial brasileiro, o consumo de eletricidade, lenha e gás liquefeito de petróleo - GLP (ver Tabela 8).

Tabela 8. Consumo final energético no setor residencial brasileiro em 2012

Fonte	Consumo (10 ³ tep)	%
Eletricidade	10.118	42,6
Lenha	6.472	27,2
GLP	6.393	27,0
Carvão vegetal	478	2,0
Gás natural	295,5	1,2
Querosene	4,5	0,0
Total	23.761	100,0

Fonte: EPE (2012)

Nesse setor, variáveis como o número de domicílios e o perfil de posse de equipamentos têm importante impacto na determinação do consumo de energia. Enquanto o consumo de eletricidade é significativo para o uso de eletrodomésticos e outros equipamentos de uso em

residências, como chuveiros e lâmpadas, o consumo da lenha, do gás natural e do GLP têm uma aplicação importante no atendimento da demanda por cocção e aquecimento de água.

No caso da energia elétrica, a fim de calibrar os modelos de cálculo utilizados, foram aplicadas duas abordagens metodológicas na projeção da demanda. Uma do tipo *top-down*, que se baseou na cenarização da evolução de dois indicadores básicos, a saber: (a) relação entre o número de consumidores residenciais e a população, que permite obter a projeção do número de consumidores a partir da projeção da população; e (b) o consumo médio por consumidor residencial. A outra é do tipo *bottom-up*, por uso final, em que se considera o número de domicílios, a posse média de equipamentos e seu consumo específico - variável que internaliza possíveis ganhos de eficiência.

Uma vez calibrados os modelos e os parâmetros básicos de projeção, aplicou-se a metodologia *bottom-up*, em uma situação que considera e outra que desconsidera modificações no rendimento energético dos principais equipamentos. A energia conservada foi então calculada como a diferença entre as duas projeções. Desta forma:

- O cálculo da energia conservada teve por referência uma mesma base de número de domicílios e atendimento pela rede elétrica;
- Para efeito de cálculo, não foram consideradas diferenças de posse e uso de equipamentos.

A energia conservada assim calculada refere-se, exclusivamente, ao aumento da eficiência dos novos equipamentos consumidores.

Observe-se que a metodologia permite que seja considerada - e assim se fez - eventual substituição entre fontes. Por exemplo, a substituição da eletricidade por gás ou por sistemas de aquecimento solar no caso do aquecimento de água. Contudo, pela abordagem adotada, tal redução não foi contabilizada ou apropriada como energia conservada, embora muitos autores defendam que assim devesse ser considerado⁵. Na sequência deste texto, serão apresentadas algumas variáveis relacionadas às características estruturais do setor residencial que merecem ser mencionadas.

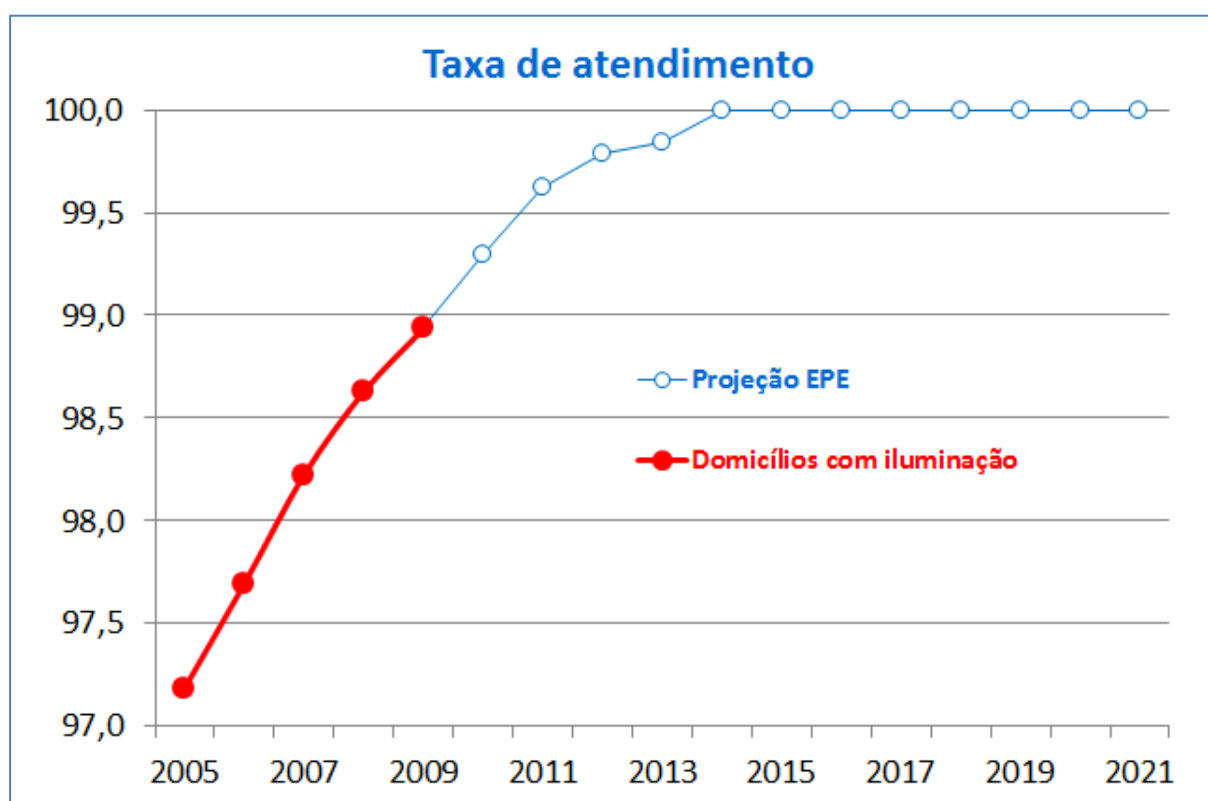
3.2.2 Taxa de atendimento do serviço de eletricidade

Uma das questões básicas na avaliação da demanda de eletricidade no setor residencial é determinar a parcela dos domicílios que serão atendidos pelo serviço de energia elétrica ao longo do horizonte de análise (taxa de atendimento). Para tanto, admitiu-se a prorrogação do

⁵De fato, aqui se adota o entendimento de que a substituição por energia solar apenas desloca o atendimento para outra fonte de energia, ou seja, não representa necessariamente redução de demanda de energia.

prazo do Programa Luz para Todos com execução das obras até 2014. Os resultados desse programa, até dezembro de 2012, foram à inclusão de 14,7 milhões de pessoas moradoras do meio rural brasileiro e que equivale a 367.993 domicílios, que representam 51% do total previstas para o PAC 2. Essa hipótese leva a considerar a evolução da taxa de atendimento (percentual de domicílios com energia elétrica) conforme ilustrado no Gráfico 5. Com isto, o número de domicílios particulares permanentes com energia elétrica cresce de 62,8 milhões de unidades no ano de 2012 para cerca de 77,5 milhões de unidades em 2022.

Gráfico 5. Brasil: Projeção de evolução do percentual de domicílios com energia elétrica



Nota: Domicílios particulares permanentes.

Fonte: EPE (2012)

3.2.3 Posse de equipamentos eletrodomésticos

No que tange ao consumo de eletricidade, a evolução da posse de equipamentos por domicílio é determinante do ritmo de crescimento dessa demanda. Na metodologia empregada para a projeção da demanda residencial de energia elétrica por uso final nos estudos da EPE, a evolução da posse média resulta de estimativa sobre a evolução do estoque dos principais eletrodomésticos presentes nos domicílios. Por sua vez, a projeção do estoque é realizada a partir da diferença entre a estimativa de evolução das vendas e o sucateamento dos equipamentos considerados.

Para efeito de cálculo, tomou-se por base o perfil de idade dos equipamentos levantado na “Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso - ano base 2005” realizada pelo PROCEL

(ELETROBRAS, 2007). Em adição, admitiu-se que, ao final da vida útil, os equipamentos domésticos são substituídos por novos mais eficientes. Além da renovação da parcela do estoque que é sucateada, considera-se que o ritmo de crescimento das vendas de eletrodomésticos é função do incremento no número de novas ligações à rede e também do aumento da renda das famílias e, em um plano mais agregado, de sua melhor repartição. Essas considerações são determinantes na composição da trajetória da posse média de equipamentos domésticos. A Tabela 9 apresenta os dados básicos considerados nesta Nota Técnica, a saber, a vida útil dos equipamentos eletrodomésticos e a posse média desses equipamentos pelas famílias.

Tabela 9. Vida útil e posse média de equipamentos elétricos

Equipamento	Vida útil (anos)	Posse média (equipamentos por 100 domicílios)			
		2012	2013	2017	2022
Ar condicionado	15	22	23	25	29
Refrigerador	15	99	100	101	101
Freezer	15	19	18	17	15
Chuveiro elétrico ¹	15	73	72	70	70
Máquina de lavar roupas	15	66	66	72	79
Televisão	10	144	151	171	175
Lâmpadas ²	1,5	757	758	761	765

Notas: 1 - Corresponde ao número de domicílios que utilizam exclusivamente o chuveiro elétrico.

2 - Número médio de lâmpadas por domicílio.

Fonte: Elaboração EPE

O decréscimo na posse média de congelador (*freezer*) ao longo do período de análise se apoia na hipótese, baseada no histórico recente, de que, diante de uma economia em que a inflação dos preços de alimentação e bebidas está sob controle, reduz-se a necessidade de estoque doméstico.

Também estima-se uma queda na posse de chuveiros elétricos, devido ao aumento da participação de chuveiros à gás natural e da instalação de coletores solares para aquecimento de água (SAS).

3.2.4 Consumo específico de equipamentos eletrodomésticos

A premissa geral adotada nesta Nota Técnica é de que a oferta de equipamentos no mercado evolui na direção de sempre disponibilizar dispositivos mais modernos e eficientes. Tal hipótese é lastreada, por exemplo, nas ações realizadas pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e por arcabouço provido, por exemplo, pela lei nº 10.295/2001, conhecida como “Lei de Eficiência Energética”.

Como resultado, a eficiência média do estoque de equipamentos em poder das famílias aumenta progressivamente seja devido à reposição do equipamento ao final de sua vida útil, seja devido à expansão do estoque, associado ao movimento de equipar os novos domicílios. Nesse sentido, considerou-se que a eficiência dos novos equipamentos adquiridos pelas famílias crescerá conforme o apontado na Tabela 10.

Tabela 10. Aumento anual de eficiência dos equipamentos

Equipamento	Aumento anual de eficiência (%) 2012 - 2022	Fundamentação geral
Ar condicionado	0,5	Reposição tecnológica natural do estoque e ações dos fabricantes com melhorias de eficiência impulsionadas principalmente pelo PBE e PROCEL.
Geladeira	0,5	
Freezer	0,5	
Máquina de Lavar Roupas	0,5	
Televisão	0,3	
Lâmpadas	7,8	Substituição das lâmpadas incandescentes
Chuveiro elétrico	-0,5	Tendência de aquisição de equipamentos com maior potência.

Fonte: Elaboração EPE

Vale ressaltar que ainda existe uma grande dificuldade em mensurar os resultados de medidas específicas em cada equipamento consumidor de energia. Além da indisponibilidade de dados sobre os impactos dos diversos programas voltados para eficiência energética, as variáveis são extremamente sensíveis a mudanças de hábitos de uso, cujos dados utilizados para projeção são estimados.

Em todos os casos, admitiu-se que o equipamento de referência seria o mesmo ao longo do horizonte de estudo. Por exemplo, o condicionador de ar de referência foi sempre, para efeito de cálculo, um equipamento com potência nominal de 1.000 W. Apenas no caso do chuveiro elétrico, considerando a busca por maior conforto, admitiu-se que as famílias tenderiam a adquirir equipamentos com maior potência elétrica, que demandariam, conseqüentemente, mais energia elétrica.

Para o cálculo do consumo específico por equipamento existente no ano de 2005, tomaram-se como referência inicial os valores determinados a partir de informações contidas na “Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Uso” do PROCEL (ELETROBRAS, 2007), nas tabelas de eficiência do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia - INMETRO (INMETRO, 2012), além de dados de potência e tempo de uso, disponibilizados pelas concessionárias de energia elétrica.

As principais hipóteses utilizadas para a evolução do consumo específico destes equipamentos foram:

- **Refrigerador:** foi considerado, para efeito de cálculo da média de consumo de energia elétrica, um funcionamento durante 10 horas por dia⁶, 365 dias por ano, constante em todo o horizonte de análise.
- **Freezer (Congelador):** o consumo específico deste equipamento foi calculado de forma semelhante ao da geladeira. Assumiu-se um uso de 9 horas por dia⁷ e 365 dias por ano, constante em todo o horizonte de análise.
- **Ar condicionado:** considerou-se um tempo médio de uso de 8 horas por dia⁸, durante quatro meses por ano⁹.
- **Chuveiro elétrico:** admitiu-se um tempo médio de banho de 10 minutos por habitante na posição “inverno” durante quatro meses e na posição “verão” durante o restante do ano.
- **Máquina de lavar roupas:** considerou-se um funcionamento médio de 12 horas por mês (3 horas por semana).
- **Televisão:** o consumo específico deste equipamento foi calculado admitindo um tempo médio de utilização de 4 horas por dia e 365 dias por ano, ponderado pela posse média de aparelhos de 14, 20, 21 e 29 polegadas nos domicílios no ano de 2005.¹⁰
- **Lâmpadas:** o tempo médio de utilização foi estimado a partir da média de utilização de lâmpadas de uso habitual (considerada 5 horas por dia) e de uso eventual (considerada de 1 hora por dia), ponderada pela posse média de cada um dos dois tipos.

Nessas condições, o consumo médio do estoque de equipamentos nas residências foi estimado conforme se apresenta na Tabela 11.

⁶ Já considerado o período em que o compressor permanece desligado.

⁷ Descontando-se o período que o compressor permanece desligado.

⁸ Considerando que o compressor funciona 50% do tempo.

⁹ Correspondendo aos meses com maiores temperaturas médias.

¹⁰ Para mais detalhes ver Duarte *et al.* (2007).

Tabela 11. Evolução do consumo unitário de eletricidade do estoque de equipamentos nos domicílios

Equipamento	kWh/equipamento/ano			
	2012	2013	2017	2022
Ar condicionado	449	445	425	412
Refrigerador	345	341	326	313
Freezer	512	507	470	450
Lâmpadas	38	37	27	16
Chuveiro elétrico	484	486	492	505
Máquina de lavar roupas	67	67	64	62
Televisão	148	148	146	144

Fonte: Elaboração EPE

Cabe destacar que a análise se restringiu a esse grupo de equipamentos em razão de esses equipamentos representarem, em 2012, cerca de 76% do consumo de uma residência brasileira típica ou média. Além disso, o PBE e o PROCEL atuam principalmente no aumento de eficiência destes equipamentos. A Tabela 12 mostra os ganhos estimados de eficiência energética por equipamento no período estudado.

Tabela 12. Ganho de eficiência estimado em equipamentos eletrodomésticos (ano base 2012)

Equipamento	2017	2022
Ar condicionado	5,4%	8,3%
Refrigerador	5,5%	9,3%
Freezer	8,1%	12,1%
Lâmpadas	27,2%	58,6%
Chuveiro elétrico	-1,6%	-4,2%
Máquina de lavar roupas	4,5%	8,1%
Televisão	1,3%	2,7%

Notas: (1) Ganhos de eficiência computados a partir do ano base de 2012 e expressos como percentual de redução do consumo em cada ano.

(2) O valor negativo apresentado na tabela para o chuveiro elétrico não representa perda de eficiência, mas traduz o resultado líquido do consumo unitário de cada equipamento (kWh/equipamento) entre os ganhos de eficiência do equipamento e o aumento de potência. Assim, os ganhos negativos referem-se principalmente ao fato de que os novos chuveiros elétricos tenderão a ter maior potência à medida que as condições de renda da população aumentarem, superando os ganhos de eficiência do equipamento individual.

Fonte: Elaboração EPE

Nota-se uma queda considerável no consumo específico de lâmpadas, impacto estimado como consequência principalmente do banimento das lâmpadas incandescentes que ocorrerá no horizonte de análise, conforme prevê cronograma para a exigência de índices de eficiência energética para lâmpadas incandescentes constante na Portaria Interministerial MME/MCTI e MDIC nº 1.007/2010. Sendo assim, o estoque se tornará mais eficiente no período, pois as

lâmpadas existentes serão paulatinamente substituídas por outras com consumo específico menor, diminuindo assim seu consumo específico médio.

A referida Portaria estabelece datas-limite para fabricação e importação das lâmpadas incandescentes que não atendam ao disposto, conforme Tabela 13 e Tabela 14.

Tabela 13. Cronograma de níveis mínimos de eficiência energética para lâmpadas incandescentes - 127 V, para fabricação e importação no Brasil.

Lâmpadas Incandescentes Domésticas de 127 V - 750 horas					
Potência (W)	Eficiência Mínima (lm/W)				
	30/06/2012	30/06/2013	30/06/2014	30/06/2015	30/06/2016
Acima de 150	20,0	24,0			
101 a 150	19,0	23,0			
76 a 100		17,0	22,0		
61 a 75		16,0	21,0		
41 a 60			15,5	20,0	
26 a 40				14,0	19,0
Até 25				11,0	15,0

Fonte: MME (2010)

Tabela 14. Cronograma de níveis mínimos de eficiência energética para lâmpadas fluorescentes compactas - 220 V, para fabricação e importação no Brasil

Lâmpadas Incandescentes Domésticas de 220 V - 1.000 horas					
Potência (W)	Eficiência Mínima (lm/W)				
	30/06/2012	30/06/2013	30/06/2014	30/06/2015	30/06/2016
Acima de 150	18,0	22,0			
101 a 150	17,0	21,0			
76 a 100		14,0	20,0		
61 a 75		14,0	19,0		
41 a 60			13,0	18,0	
26 a 40				11,0	16,0
Até 25				10,0	15,0

Fonte: MME (2010)

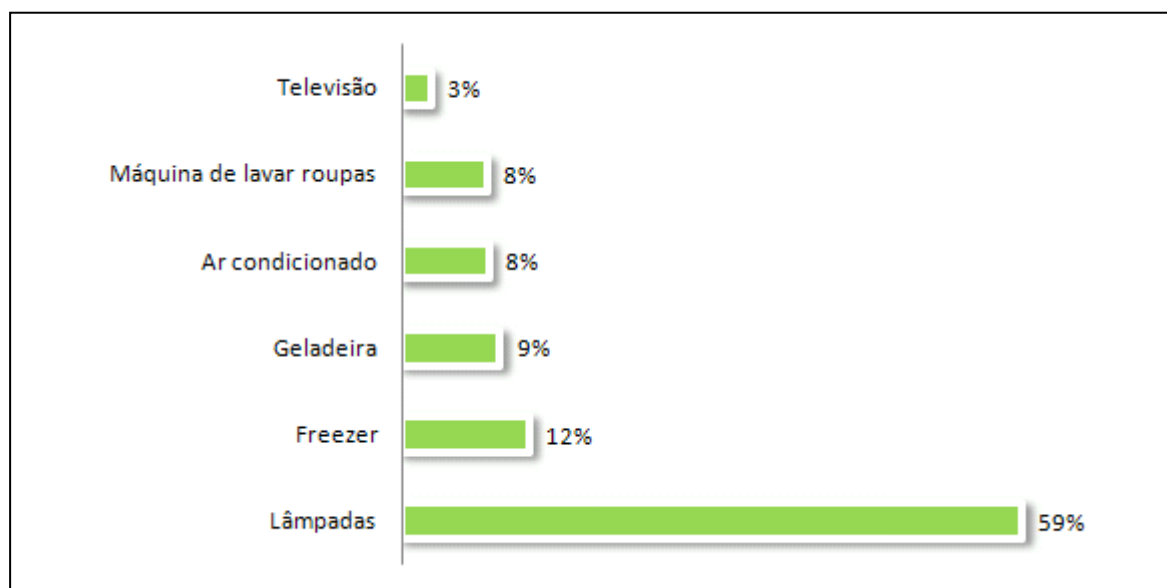
As datas limites para comercialização no Brasil por parte de fabricantes e importadores das lâmpadas incandescentes serão de seis meses, a contar das datas limites estabelecidas na Tabela 13 e na Tabela 14. As datas limites para comercialização por atacadistas e varejistas no país das

Lâmpadas Incandescentes serão de um ano, a contar das datas estabelecidas das mesmas tabelas (MME, 2010).

Tais índices mínimos de eficiência energética caracterizados não podem ser atendidos por nenhuma das lâmpadas incandescentes. Esses índices são dirigidos às lâmpadas incandescentes de uso geral, com algumas poucas exceções constantes na Portaria.

Os ganhos de eficiência considerados em cada caso são, portanto, os apresentados no Gráfico 6.

Gráfico 6. Ganho de eficiência de equipamentos eletrodomésticos em 2022



Fonte: Elaboração EPE

Todavia, em uma visão prospectiva, a crescente importância que tendem a assumir os demais eletrodomésticos no uso da energia residencial autoriza admitir que a proporção dos demais equipamentos no consumo de eletricidade em uma residência brasileira, que em 2012 se estimou em 24,5%, tenda a aumentar¹¹. Como referência considere-se que já em 2001 a categoria “demais equipamentos” representava 45% do consumo de energia elétrica dos domicílios norte-americanos (EIA, 2009).

Essa observação é relevante porque, em razão da abordagem metodológica adotada, em que a avaliação da eficiência é feita pela diferença entre a projeção da demanda de energia, considerando a evolução do consumo específico de equipamentos e a projeção da demanda de energia considerando o consumo específico constante ao longo do horizonte de tempo, a

¹¹ Para se ter uma ideia do potencial de elevação do consumo de energia elétrica em decorrência do aumento da posse e do uso de outros equipamentos, isto é, não relacionados nesta seção, considere que, de acordo com a pesquisa do PROCEL (ELETROBRAS, 2007) em cada 100 domicílios, não há mais do que 74 aparelhos de som, 50 ventiladores de teto, 32 aparelhos de vídeo-cassete, 25 aparelhos de DVD, 23 computadores pessoais (PC), 14 impressoras, e 9 aparelhos de “vídeo-games”.

mudança da estrutura de consumo nas residências, como, por exemplo, o ganho de participação dos demais equipamentos, pode mascarar os ganhos de eficiência obtidos.

Assim, a Tabela 15 apresenta o consumo residencial de energia elétrica no período estudado. Vale ressaltar que os valores do consumo residencial desta tabela apresentam uma diferença conceitual em relação aos valores habitualmente utilizados pelo setor elétrico. De fato, conforme inciso III do § 4º do Art.º 5º da Resolução Normativa ANEEL nº 414/2010, unidade consumidora “localizada na área rural, com fim residencial, utilizada por trabalhador rural ou aposentado nesta condição, incluída a agricultura de subsistência” é classificada como “rural”, enquanto que, na presente Nota Técnica, tais consumidores estão considerados na classe residencial, conforme conceituação utilizada pelo Balanço Energético Nacional (BEN).

Tabela 15. Consumo de energia elétrica no setor residencial

Equipamento (GWh)	2012	2013	2017	2022
Ar condicionado	6.168	6.451	7.264	9.175
Refrigerador	21.087	21.595	22.989	24.567
Freezer	5.823	5.784	5.447	5.259
Lâmpadas	17.547	17.570	14.609	9.300
Chuveiro elétrico	22.030	22.511	24.810	28.163
Máquina de lavar roupas	2.703	2.784	3.211	3.782
Televisão	13.118	14.040	17.478	19.651
Outros	29.171	31.154	49.720	78.763
Total	117.646	121.890	145.528	178.659

Fonte: Elaboração EPE

3.2.5 Calor de processo (aquecimento de água)

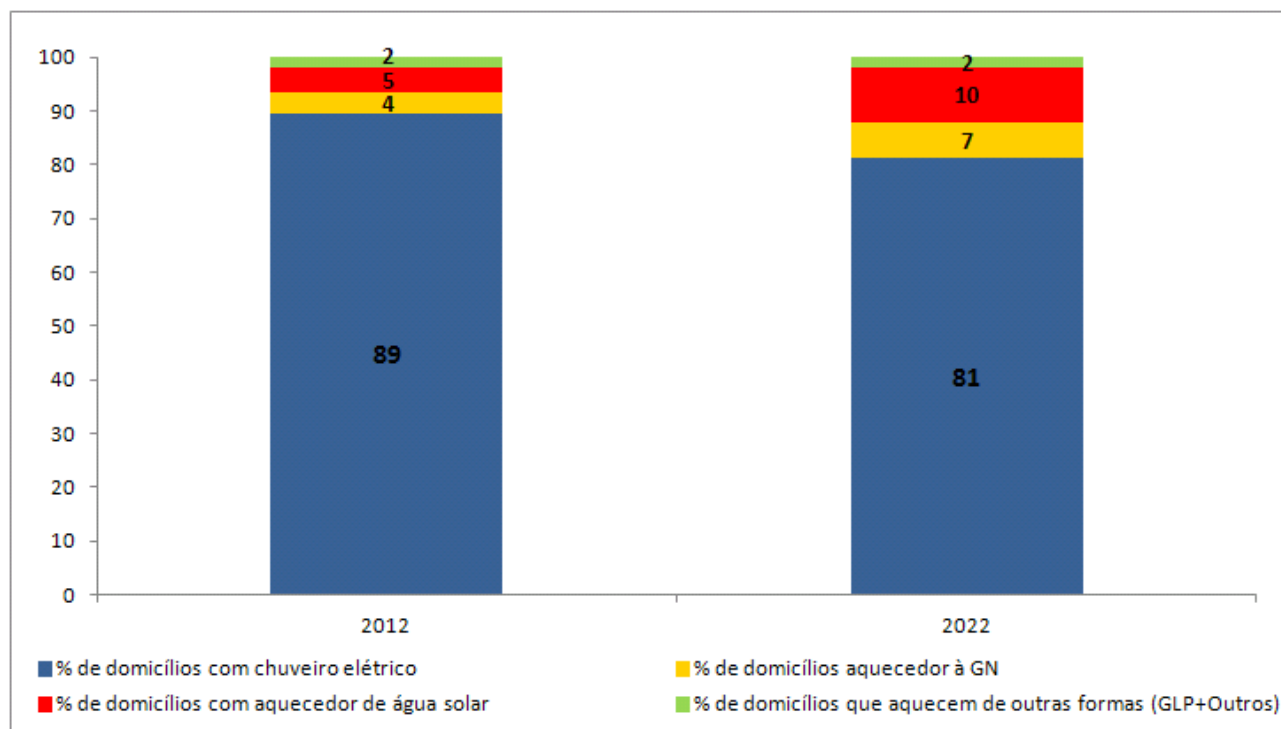
O calor de processo no setor residencial se destina basicamente ao aquecimento de água, sobretudo para banho. De acordo com a já referida pesquisa do PROCEL e ajustada no modelo, a energia elétrica é a forma de energia preponderantemente utilizada para o aquecimento de água para banho na maioria absoluta (73%) dos domicílios brasileiros no ano de 2012. O uso de outros energéticos para este fim é ainda residual (9%). Ainda é expressiva a parcela de domicílios que não possuem equipamento para aquecer a água (18%). Há, portanto, um grande potencial para a penetração de sistemas de aquecimento baseados em gás natural ou energia termo-solar.

Os gráficos abaixo mostram as perspectivas de evolução do aquecimento de água, primeiramente em termos percentuais e posteriormente a divisão do mercado por energético em valores absolutos.

Ressalta-se que apesar do chuveiro elétrico perder participação no mercado, devido ao aumento do número de domicílios com aquecimento de água, a quantidade de domicílios que utiliza esse

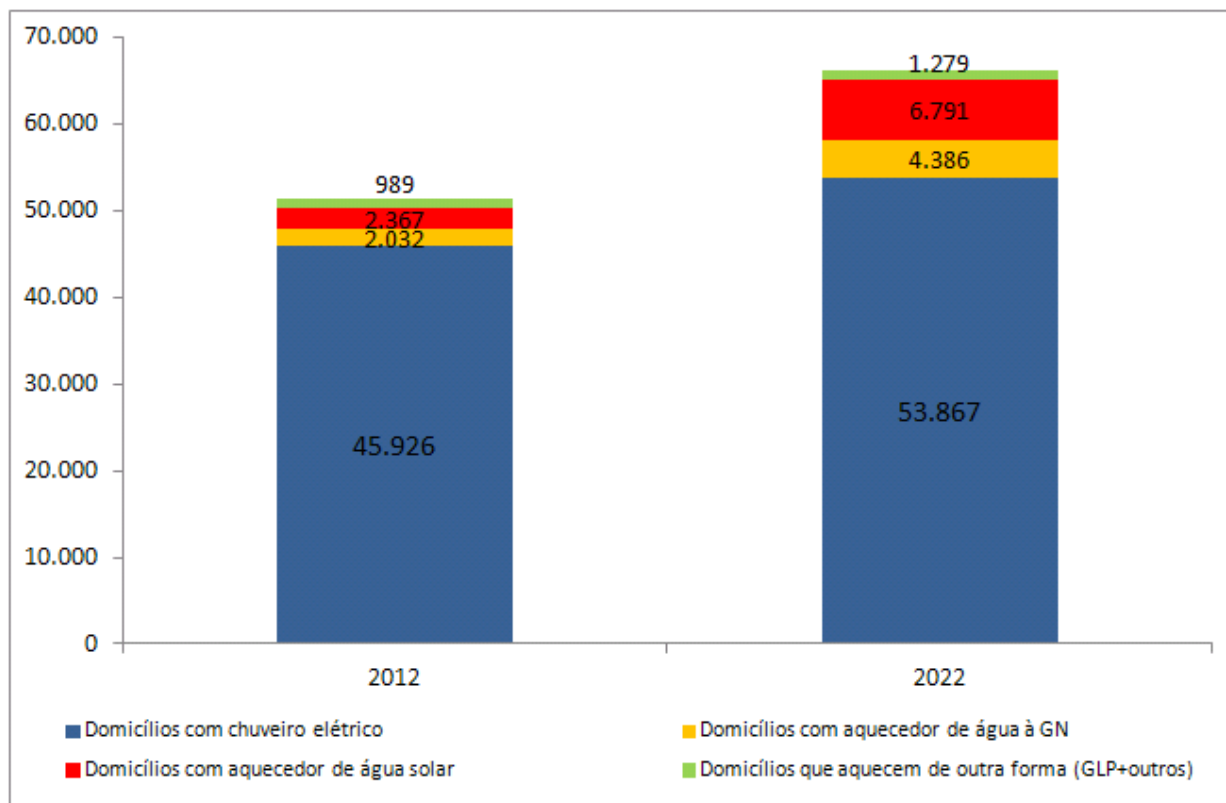
energético em valores absolutos tende a aumentar. Já o aquecimento de água por energia solar é o que mais expandirá no horizonte decenal.

Gráfico 7. Distribuição de energéticos para aquecimento de água - valores percentuais (2012-2022)



Fonte: Elaboração EPE

Gráfico 8. Distribuição de energéticos para aquecimento de água - valores absolutos em mil unidades (2012-2022)



Fonte: Elaboração EPE

Sendo a energia elétrica o principal energético nesse uso, o equipamento principal é o chuveiro elétrico (o uso de *boiler* elétrico é marginal). No caso do chuveiro elétrico, o parâmetro importante a considerar é o número de domicílios dotados deste equipamento. De modo geral, essa estimativa resulta da diferença entre o número total de domicílios que aquecem água para banho e aqueles que utilizam algum outro energético (gás natural, GLP, sistemas de aquecimento solar ou lenha) que não a eletricidade para este fim. Para tanto, foi adotada a hipótese de que o percentual de domicílios em que se aquece água para banho evoluiria de 81,7% em 2012 para 85,6% em 2022. O percentual dos domicílios que aquecem água para banho é calculado com base na pesquisa de posse e hábito do PROCEL para o ano de 2005.

Foi considerado que o percentual cresce ao longo do tempo em função da:

- Expansão da renda, fazendo com que alguns domicílios que não aqueciam passem a aquecer água e que o percentual de domicílios que aquecem em regiões como Nordeste e Norte aumente marginalmente (atendimento a demanda reprimida);
- Novos domicílios tendem a aquecer água para banho de alguma forma, uma vez que o maior aumento no número de domicílios é previsto para o Sudeste, onde o hábito de aquecer água para banho tende a 100%.

No entanto, acredita-se que este percentual não chegará a 100% em todo o país por uma questão de hábito.

- O percentual de domicílios em que se aquece água para banho utilizando gás natural evoluiria de 3,2% em 2012 para 5,7% em 2022. Nessa projeção admitiu-se um consumo específico de 13,2 m³/domicílio/mês em 2012 subindo linearmente até 14,3 m³/domicílio/mês em 2022. Além disso, considerou-se no período de 10 anos uma média de 95% dos domicílios conectados à rede de gás possuem aquecedores a gás. O percentual dos domicílios que aquecem água para banho com gás natural tende a aumentar em função da expansão da malha de distribuição.

O percentual de domicílios dotados de Sistemas de Aquecimento Solar (SAS) evoluiria de 3,8% em 2012 para 8,8% em 2022. Nessa projeção, estimaram-se as taxas de crescimento do uso de SAS em torno de 5%, mantidas até 2022, impulsionadas principalmente pelo Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) e pelo Programa de Eficiência Energética (PEE) da ANEEL, com instalação de SAS em mais de 1 milhão de residências na primeira fase e com previsão de atingir na segunda fase 2 milhões até 2014. Após 2018, o incremento anual é mantido até que o país atinja 3 m² de painel solar por domicílio que usa o sistema de aquecimento solar (SAS), que é considerado como meta conservadora para a Europa em 2020. Além disso, usou-se uma fração solar média de 75%, ou seja, cada SAS economiza o equivalente a 75% do consumo anual de um chuveiro elétrico. Adicionalmente, o percentual de domicílios em que se aquece água para banho, utilizando outro energético que não os citados anteriormente, ou seja, que utiliza o GLP (ou outros) manter-se-ia, por simplificação, em torno de 2% ao longo do horizonte da análise.

A partir das hipóteses explicitadas, estima-se que o percentual de domicílios com pelo menos um chuveiro elétrico passará de 73% em 2012 para 70% em 2022.

Na Tabela 16 são mostrados os principais parâmetros relativos ao aquecimento de água para banho e substituição entre energéticos para este fim.

Tabela 16. Aquecimento de água no setor residencial

	2012	2013	2017	2022
Número de domicílios (mil)				
Chuveiro elétrico	45.926	46.443	49.349	53.867
SAS	2.367	3.091	5.208	6.791
Gás Natural	2.032	2.229	3.108	4.386
Outras fontes	989	1.018	1.134	1.279
Sem aquecimento de água	11.614	11.578	11.339	11.133
TOTAL	62.928	64.359	70.137	77.456
Número de domicílios (%)				
Chuveiro elétrico	73,0%	72,2%	70,4%	69,5%
SAS	3,8%	4,8%	7,4%	8,8%
Gás Natural	3,2%	3,5%	4,4%	5,7%
Outras fontes	1,6%	1,6%	1,6%	1,7%
Sem aquecimento de água	18,5%	18,0%	16,2%	14,4%
TOTAL	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Consumo evitado de energia elétrica (GWh)				
SAS	860	1.126	1.922	2.570
Gás Natural	984	1.082	1.529	2.213
Outras fontes	479	494	558	645
TOTAL	2.323	2.702	4.009	5.428

Fonte: Elaboração EPE

3.2.6 Aquecimento direto (cocção)

De acordo com o BEU (MME/FDTE, 2005), o aquecimento direto é o mais importante uso final da energia de combustíveis nas residências. Neste setor, a finalidade principal do aquecimento direto é o processamento de alimentos (cocção), sendo complementares usos como secagem de alimentos e roupas, ferros de passar roupa e aquecimento ambiental (estufas e lareiras). O equipamento típico do aquecimento direto residencial é o fogão e os principais energéticos são a lenha, o gás natural e o GLP.

Dentro de uma perspectiva de longo prazo, em um cenário de crescimento da renda, favorecendo o desenvolvimento tecnológico e a expansão do emprego, a tendência deverá ser a substituição continuada da lenha pelo GLP. Além disso, a substituição do GLP pelo gás natural se mantém devido ao aumento de gasodutos e da malha de distribuição de gás no país, principalmente no Nordeste.

A projeção do consumo para cocção é realizada utilizando dados de consumo específico por domicílio e número de domicílios com uso de GLP, gás natural, lenha ou carvão vegetal. Devido a ganhos de eficiência neste uso e melhoria no rendimento médio do estoque de fogões nas residências, os consumos específicos tendem a diminuir. Porém, esses ganhos podem ser

contrapostos efeitos tais como o aumento do tamanho médio dos fogões (maior número de queimadores), bem como aumento do padrão de consumo pelo efeito de melhoria de renda per capita, prevista no horizonte do PDE 2022. Nesse caso, assumiu-se, como hipótese de trabalho, que esses efeitos opostos se contrabalançam, de modo que os consumos específicos são mantidos constantes durante toda a projeção.

Na Tabela 17 são apresentados os fogões do país distribuídos entre os principais energéticos utilizados para cocção.

Tabela 17. Distribuição da cocção no setor residencial

	2012	2013	2017	2022
Número de fogões (mil)				
GLP	57.271	58.609	63.965	70.551
Gás Natural	2.201	2.405	3.306	4.585
Lenha	5.423	5.498	5.859	6.042
Carvão vegetal	359	333	221	88
Outras Fontes	59	60	66	74
TOTAL	65.312	66.905	73.417	81.339
Distribuição dos fogões (%)				
GLP	87,7%	87,6%	87,1%	86,7%
Gás Natural	3,4%	3,6%	4,5%	5,6%
Lenha	8,3%	8,2%	8,0%	7,4%
Carvão vegetal	0,5%	0,5%	0,3%	0,1%
Outras Fontes	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
TOTAL	100%	100%	100%	100%

Fonte: Elaboração EPE

Vale, ainda, destacar a existência de diferenças entre a projeção de demanda de carvão vegetal e lenha no PDE 2022 e os dados divulgados no Balanço Energético Nacional 2012 (ano base 2011). As projeções apresentadas baseiam-se em recente pesquisa de campo, conduzida em âmbito nacional, referente ao consumo residencial de lenha e carvão vegetal¹² e na revisão do número de domicílios consumidores de energia, que tem apontado para uma existência de mais de um tipo de fogão de uso frequente no mesmo domicílio. A revisão do consumo específico de lenha por domicílio que usa lenha, um dos resultados desta pesquisa nacional, já foi considerada nestas projeções, de modo que, temporariamente, observa-se descontinuidade dos dados projetados comparados aos dados históricos publicados. Contudo, essa descontinuidade desaparecerá quando da revisão das séries do Balanço Energético Nacional, atualmente em processo de execução.

¹² Contrato nº CT-EPE-002/2011 conforme especificações do Projeto Básico do Edital do Pregão Eletrônico nº PE.EPE.020/2010.

3.2.7 Eficiência Energética no uso de energia elétrica

Com base nos critérios, premissas e parâmetros apresentados nas subseções precedentes pode-se calcular o ganho de eficiência energética no uso da energia elétrica nas residências no médio prazo, inclusive explicitando a influência do efeito renda, aqui refletido no aumento da posse de equipamentos.

Através da interação entre os modelos que estimam o consumo de energia elétrica no setor residencial, podem-se determinar os ganhos de eficiência esperados para os equipamentos estudados em detalhe e para os demais equipamentos.

Outra observação relevante é que não estará contabilizado como ganho de eficiência o deslocamento do aquecimento elétrico (chuveiro e “boilers”) por outros energéticos (gás natural, sistemas de aquecimento solar etc.), ainda que esse cálculo possa ser explicitado, como na Tabela 16. Com relação a chuveiros elétricos deve-se ressaltar ainda que, por hipótese, supôs-se aumento da potência dos chuveiros elétricos ao longo do horizonte.

Na Tabela 18 é resumida a decomposição do aumento do consumo de energia elétrica no setor residencial no período compreendido entre 2012 e 2022, explicitando-se os montantes de conservação de energia.

Tabela 18. Eficiência energética no setor residencial 2022/2012. Energia elétrica

Período 2022/2012	Aumento no consumo (GWh) devido a:			Aumento no consumo (GWh)
Equipamento	Posse (A)	Potência do equipamento (B)	Conservação (C)	A + B - C
Ar condicionado	3.867		914	3.007
Refrigerador	6.041		2.673	3.480
Congelador	160		770	-564
Lâmpadas	4.971		13.367	-8.247
Chuveiro elétrico	4.992	1.193		6.133
Máquina de lavar roupas	1.425		370	1.079
Televisão	7.105		603	6.533
Outros	51.145		555	50.226
Total residencial	79.706	1.193	19.252	61.647

Fonte: Elaboração EPE

Observe-se que a energia conservada para este setor é 19.252 GWh, no horizonte de análise, que corresponde a:

- 30% do acréscimo do consumo residencial no horizonte de estudo (2013-2022);

- 9,2% do consumo residencial de energia elétrica projetado para 2022, de acordo com estudos da EPE.

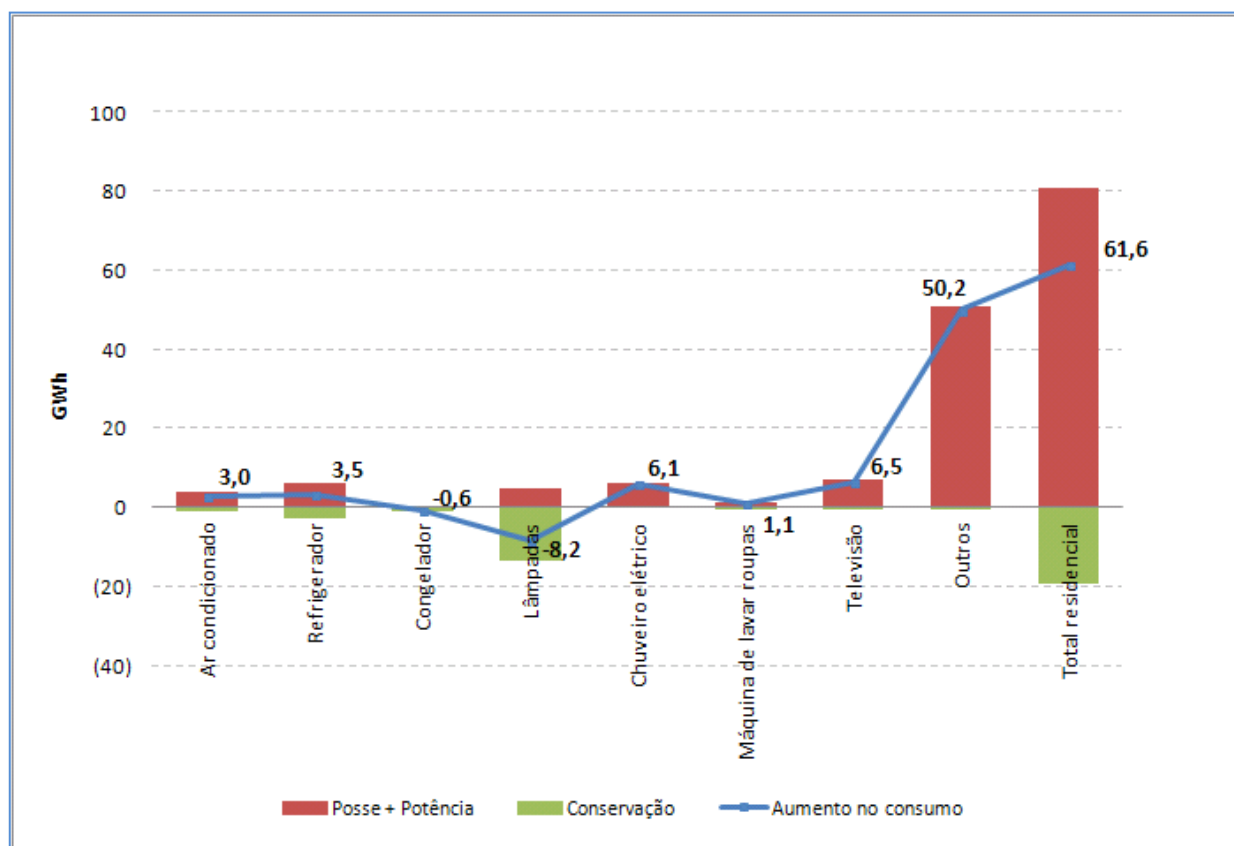
Considera-se que o total de eficiência energética no setor é igual ao total da energia conservada (coluna (C)) menos o efeito do aumento de potência (coluna (B)), totalizando 18.059 GWh.

Com relação ao aumento no consumo esperado, é importante destacar a dificuldade em desagregar os efeitos positivos sobre essa variável, principalmente no que se refere aos outros equipamentos residenciais, que tendem a ocupar um percentual considerável do consumo nos próximos 10 anos, conforme mencionado anteriormente.

No que se refere a eles, existem poucos dados levantados para o país e por este ser um composto de diversos aparelhos, é difícil afirmar a tendência com relação à potência desse conjunto, uma vez que não é conhecida qual será a participação de cada equipamento no mesmo. No entanto, mesmo com equipamentos cuja potência conjunta seja menor, o que determinará a participação na energia total consumida serão a posse e os hábitos de uso, cujo efeito líquido positivo é previsível pelo aumento da renda estimado para o horizonte do estudo.

No Gráfico 9 observa-se o efeito líquido das variáveis incidentes sobre os equipamentos através do aumento do consumo resultante.

Gráfico 9. Efeito líquido no aumento do consumo (aumento de posse + aumento de potência - conservação) - 2022/2012



Fonte: Elaboração EPE

Além desse montante conservado, há que se considerar também a energia elétrica deslocada pela penetração do gás e do aquecimento solar no aquecimento de água para banho, além do uso marginal de GLP e outros energéticos. Com base nos parâmetros apresentados anteriormente, calcula-se em 5.428 GWh o montante de energia elétrica deslocada em 2022 por essas outras fontes para aquecimento de água. É importante destacar que foi considerado um aumento na potência dos chuveiros elétricos, devido ao aumento da renda, deste modo existirá uma tendência das famílias por chuveiros com potências elétricas maiores em 0,5%.

Este montante de energia elétrica conservada para o setor residencial equivale, aproximadamente, à geração de uma usina hidrelétrica com 3.800 MW de capacidade instalada. Em termos da energia elétrica deslocada no aquecimento de água para banho, por sua vez, o montante economizado de eletricidade equivale à geração de uma usina hidrelétrica com 1.120 MW de capacidade instalada, semelhante à usina de Estreito com 1.087 MW, em operação no Rio Tocantins, na divisa dos Estados do Tocantins e Maranhão.

3.2.8 Resultados globais de eficiência energética no setor residencial

Dadas as premissas citadas anteriormente relacionadas ao uso de equipamentos elétricos, aquecimento de água e cocção, tem-se a projeção de energia total para o setor residencial. O crescimento do uso de carvão vegetal segue a mesma tendência do uso da lenha. A Tabela 19 apresenta o consumo do setor em unidades comerciais e em tep.

Tabela 19. Consumo total energético do setor residencial

Equipamento	Unidade (10 ³ tep)	2013	2017	2022
Energia elétrica		10.483	12.515	15.365
Gás natural		335	485	684
GLP		6.818	7.435	8.202
Lenha		4.247	4.503	4.625
Carvão vegetal		272	181	73
Total		22.147	25.119	28.949
Unidades Comerciais				
Energia elétrica	GWh	121.895	145.523	178.663
Gás natural	1.000 m ³ /dia	1.059	1.534	2.158
GLP	1.000 m ³	11.147	12.168	13.424
Lenha	1.000 t	13.699	14.526	14.919
Carvão vegetal	1.000 t	422	280	113

Nota: Considera domicílios urbanos e rurais.

Fonte: Elaboração EPE

Na Tabela 20 são apresentados os resultados obtidos para o setor residencial. As projeções do consumo de eletricidade indicam um crescimento de 4% ao ano no período. A energia elétrica conservada foi calculada em 9,2% do consumo projetado para o ano horizonte, reduzindo o consumo final em aproximadamente 18 TWh, em que 13 TWh se deve ao mecanismo regulatório de banimento das lâmpadas incandescentes. O efeito do aumento da posse de lâmpadas no período elevará o consumo em 5 TWh, sendo assim, a economia total resultante da saída das lâmpadas incandescentes do mercado será de 8 TWh.

Tabela 20- Setor residencial: consumo de eletricidade e eficiência energética

Consumo (GWh)	2013	2017	2022
Consumo sem conservação	122.831	153.655	196.718
Energia conservada	941	8.127	18.059
Energia conservada [%]	0,8	5,3	9,2
Consumo com conservação	121.890	145.528	178.659

Nota: Considera domicílios urbanos e rurais.

Fonte: Elaboração EPE

3.3 Setor industrial¹³

3.3.1 Parâmetros básicos

Conforme dados do BEN 2013 (ano base 2012) o consumo de energia no setor industrial brasileiro é bastante diversificado, como apresentado na Tabela 21. A principal fonte de energia, eletricidade, representa apenas 20,3% do consumo total de energia no uso final. São ainda relevantes, como fonte de energia para a indústria, o bagaço de cana, a lenha, o carvão mineral e os derivados de petróleo.

¹³ Inclui o setor energético, classificação utilizada no Balanço Energético Nacional, onde se enquadra o consumo de energia devido ao segmento de produção de energia: exploração e produção de petróleo/gás natural, transporte de gás natural, refinarias de petróleo, destilarias, coquearias e carvoarias.

Tabela 21. Consumo final energético no setor industrial brasileiro em 2012

Fonte	Consumo (10 ³ tep)	%
Eletricidade	18.027	20,3
Bagaço de cana	17.884	20,1
Lenha e carvão vegetal	11.509	12,9
Carvão mineral, coque de carvão mineral e gás de coqueria	12.824	14,4
Gás natural e GLP	10.773	12,1
Óleo combustível e óleo diesel	3.691	4,1
Outras fontes primárias	6.001	6,8
Outras fontes secundárias ¹	8.257	9,3
Total	88.966	100,0

Nota: ¹ Inclui querosene, outras secundárias de petróleo e alcatrão.

Fonte: Elaboração EPE

Uma avaliação acurada da eficiência energética na indústria demandaria, por certo, o exame dos processos empregados em cada subsetor, incluindo as possibilidades de atualização tecnológica. Uma abordagem mais geral, contudo, pode levar a resultados aceitáveis, principalmente quando se tem em conta os objetivos a que se destina a avaliação, quais sejam, no caso, os estudos de planejamento energético.

Nessas condições, a avaliação da eficiência energética na indústria foi realizada tomando por base a cenarização de indicadores selecionados, a saber:

- Consumo específico, no caso de setores com processos de produção mais homogêneos (caso das produções de cimento, ferro gusa e aço, ferro ligas, não-ferrosos e de papel e celulose), comparativamente aos outros segmentos industriais;
- Intensidade energética, no caso de setores considerados mais heterogêneos (alimentos e bebidas, têxtil, cerâmica, mineração, química e outras indústrias), dada a diversidade de produtos e processos observados nestes segmentos.

A energia conservada em cada segmento industrial resultou da diferença entre o consumo de energia congelada dos rendimentos energéticos dos equipamentos, processos e usos finais e o consumo de energia admitindo-se progressivo aumento destes rendimentos ao longo do tempo.

A projeção desses indicadores foi realizada adotando-se dois procedimentos de forma combinada:

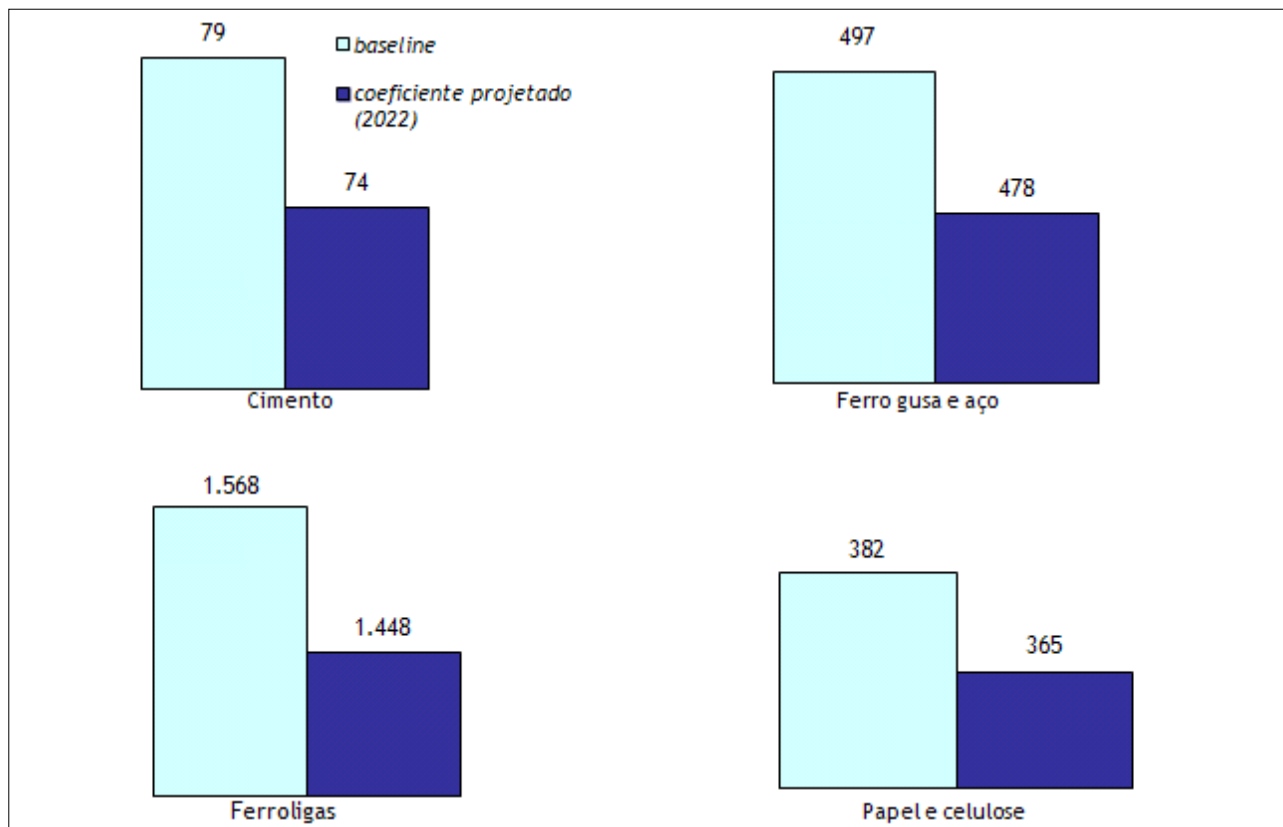
- (i) Tomando como base referencial as informações das séries históricas do BEN (EPE, 2013) e o potencial de conservação de energia (ver seção 2.3 desta Nota Técnica). Como procedimento geral, levaram-se em conta os ganhos energéticos apurados com base nas duas últimas edições do BEU (anos bases: 1994 e 2004), admitindo-se a

manutenção da dinâmica histórica destes ganhos no horizonte deste trabalho (2013-2022).

- (ii) Analisando-se a estrutura do consumo energético de cada segmento industrial, considerando os dados históricos, as tendências tecnológicas em curso e, quando relevante, cenários possíveis de substituição entre energéticos, tudo em conformidade com as hipóteses de trabalho adotadas, que foram:
 - a. Expansão de capacidade instalada formulada de acordo com o cenário macroeconômico adotado e a partir de consultas feitas a associações de classe, empresas de alguns dos setores em estudo e outros órgãos governamentais¹⁴.
 - b. O preço do gás natural, menor que o do óleo combustível nos próximos 4 a 5 anos, atingindo a igualdade após esse período inicial;
 - c. Aproveitamento parcial do potencial de eficiência energética indicado na última versão do BEU.

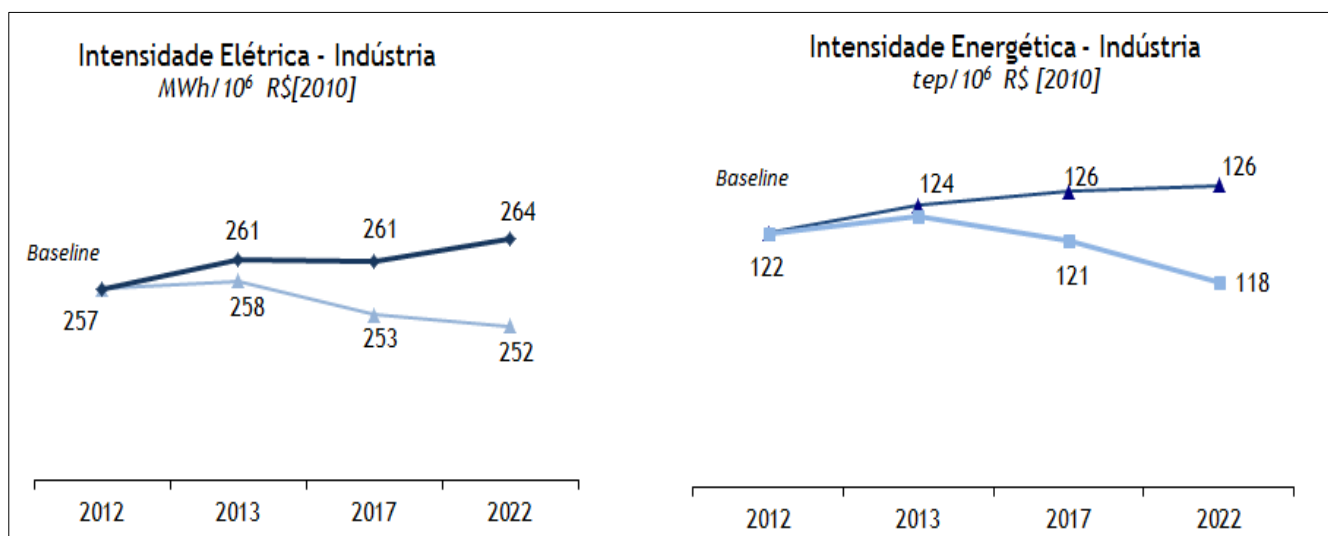
Nessas condições, os consumos específicos e as intensidades energéticas resultantes deste estudo são apresentados no Gráfico 10 e no Gráfico 11.

¹⁴ Mais detalhes sobre o cenário adotado para a expansão da capacidade instalada industrial serão apresentados na Nota Técnica que documenta a projeção da demanda de energia elétrica (2013-2022), disponível no “*site*” da EPE.

Gráfico 10. Consumo específico de energia em setores industriais selecionados (tep/10³t)

Nota: O aumento do consumo específico do segmento de ferro ligas, se dá pela participação das ligas mais eletrointensivas (como as ligas de níquel), no “mix” de ferro ligas.

Fonte: Elaboração EPE

Gráfico 11. Intensidade elétrica e energética na indústria¹

Fonte: Elaboração EPE

Nota: ¹ Inclui o setor energético

3.3.2 Energia elétrica

As indústrias para as quais se avalia maior ganho de eficiência energética no uso da eletricidade se caracterizam por um consumo energético mais intensivo, a saber, siderurgia e ferro ligas. No entanto, o consumo específico de eletricidade do segmento de ferro ligas, como um todo, aumenta ao longo do horizonte decenal, dado que o cenário de expansão do setor contempla maior crescimento dos tipos de ligas mais eletrointensivos, como é o caso do ferro-níquel.

Entre as eletrointensivas, também merece destaque, apesar de proporcionalmente menor, o ganho de eficiência na indústria de não ferrosos, dominada, em termos da quantidade de energia consumida, pela produção do alumínio. Pela própria natureza dessa indústria, a preocupação com a eficiência energética, especialmente quando se trata de energia elétrica, é relevante e, no Brasil, em razão da atualização tecnológica do segmento, o setor é reconhecidamente eficiente. Ainda assim, vislumbram-se ganhos setoriais adicionais ao longo do horizonte, permitindo que o consumo específico médio do segmento de alumínio reduza no horizonte deste trabalho. A evolução do consumo específico de eletricidade na indústria pode ser vista na Tabela 22.

Tabela 22 - Grandes consumidores industriais: consumo específico de eletricidade¹ (kWh por tonelada produzida)

Segmento	2012	2017	2022	2012-2022 (% ao ano)
Bauxita	13	13	12	-0,4
Alumina	296	290	285	-0,4
Alumínio Primário	14.574	14.192	13.866	-0,5
Siderurgia	499	496	456	-0,9
Ferroligas	8.537	8.805	8.951	0,5
Pelotização	49	48	47	-0,3
Cobre Primário	1.529	1.482	1.454	-0,5
Soda	2.697	2.638	2.599	-0,4
Petroquímica	1.564	1.523	1.525	-0,3
Celulose	969	944	925	-0,5
Pasta mecânica	2.171	2.132	2.098	-0,3
Papel	783	765	749	-0,4
Cimento	114	112	109	-0,4

Nota: ¹ Inclui autoprodução.

Fonte: Nota técnica EPE: Projeções de demanda de energia elétrica - 10 anos (2013-2022)

Avalia-se que a indústria como um todo obtenha, no final do horizonte, em 2022, ganhos em eficiência elétrica, que podem atingir mais de 19 TWh, o que equivale, de acordo com os

estudos de energia em elaboração na EPE para os próximos 10 anos (horizonte 2022), a 2,3% do total do consumo de energia elétrica projetado para o ano de 2022.

Em termos de geração evitada, essa economia de energia da indústria equivale, aproximadamente, à energia produzida por uma usina termelétrica a gás natural com 3.000 MW, potência superior a 3 vezes a usina termelétrica de Santa Cruz, localizada no município do Rio de Janeiro. Equivale, ainda, a mais do que a geração anual de uma usina hidrelétrica com cerca de 4.000 MW, que representa mais que 3 (três) vezes a potência da usina de Furnas (localizada entre os municípios de São José da Barra e São João Batista do Glória, em Minas Gerais).

3.3.3 Combustíveis

Para efeito desta Nota Técnica, os demais energéticos utilizados na indústria foram tratados de forma agregada.

Avalia-se que a indústria como um todo possa obter, no final do horizonte, em 2022, ganhos em eficiência energética no uso de combustíveis que podem atingir 11 milhões de tep, o que equivale, de acordo com os estudos de energia para os próximos 10 anos, a 7% do total do consumo industrial de combustíveis projetado para o ano de 2022.

Essa economia de energia corresponde aproximadamente a 220 mil barris equivalentes de petróleo por dia, ou seja, cerca de 10% da produção diária brasileira de petróleo em 2012.

Entre as indústrias para as quais se avaliam maiores ganhos de eficiência energética no uso dos combustíveis estão a cerâmica, na aplicação de aquecimento direto – fornos e secadores, e a indústria de ferro gusa e aço, também na aplicação de aquecimento direto – nos processos de redução, lingotamento contínuo, laminação e etc. Também se visualizam ganhos relevantes na mineração e na indústria de cimento.

Em termos da contribuição setorial no total de combustível conservado, assim como no caso da energia elétrica, o *ranking* tende a acompanhar o peso específico do setor na estrutura do consumo. As exceções são os setores de papel e celulose e alimentos e bebidas, cuja participação na conservação se mostra relativamente maior, e, em contraposição, ao setor têxtil, que tem uma importância na estrutura de consumo maior do que sua participação nos ganhos de eficiência energética. Esta pequena alteração de ordem decorre da identificação de maiores potenciais de ganho relativo no consumo de combustíveis comparativamente a outros segmentos industriais. Por exemplo, nos fornos utilizados em produção cerâmica e caldeiras na produção de celulose e papel.

3.3.4 Resultados globais de eficiência energética no setor industrial¹⁵

O consumo energético total da indústria considera a participação de todas as fontes energéticas, inclusive eletricidade, utilizadas especialmente para aquecimento direto e calor de processo, esses dois usos finais representam cerca de 78% do consumo desse setor.

Para a demanda de eletricidade, projeta-se uma conservação de 4,7% prevista para 2022, equivalente a aproximadamente 19 TWh, como apresentada na Tabela 23. Esse montante conservado em 2022 equivale ao consumo de eletricidade da indústria de papel e celulose (19,5 TWh) no ano de 2012, dados do BEN (EPE, 2013).

Tabela 23 - Setor industrial: consumo de eletricidade e eficiência energética

	2013	2017	2022
Consumo (GWh)			
Consumo sem conservação	256.596	315.966	406.442
Energia elétrica conservada	2.983	9.057	19.038
Energia elétrica conservada, %	1,2	2,9	4,7
Consumo com conservação	253.613	306.909	387.404
Intensidade elétrica kWh/10³ R\$ [2010]			
Sem conservação	261	261	264
Com conservação	258	253	252

Fonte: Elaboração EPE

A Tabela 24 mostra a projeção do consumo total de energia, que considera a eletricidade e os combustíveis, a conservação prevista para 2022 é de 6,6%, equivalente a aproximadamente 12,8 milhões de tep.

Tabela 24 - Setor industrial: consumo de energia e eficiência energética

	2013	2017	2022
Consumo (10³ tep)			
Consumo sem conservação	122.151	152.062	193.951
Energia conservada	948	5.186	12.850
Energia conservada, %	0,8	3,4	6,7
Consumo com conservação	121.204	146.876	181.101
Intensidade energética tep/10⁶ R\$ [2010]			
Sem conservação	124	126	126
Com conservação	123	121	118

Fonte: Elaboração EPE

¹⁵ Inclui o setor energético.

3.4 Setor de transportes¹⁶

No setor de transportes, a definição de uma política para os modais aplicáveis para o transporte de cargas ou mesmo para o transporte coletivo de passageiros nas regiões metropolitanas pode alterar completamente o quadro da demanda setorial de energia e, por conseguinte, qualquer estimativa da eficiência energética no setor. Além disso, há reconhecidas dificuldades na obtenção de dados primários que permitam desagregar mais convenientemente o consumo de energia de acordo com a modalidade de transporte, se de cargas ou de passageiros e, nesse caso, se coletivo ou individual, entre outras informações básicas.

As projeções são aqui obtidas a partir da divisão, quanto ao seu objetivo, de mover pessoas (aqui chamadas de passageiros) ou cargas.

Outro corte metodológico adotado nessa análise considera a divisão correspondente ao tipo de modal em que se processo o transporte de carga e passageiros, a saber: modais rodoviário, aquaviário, ferroviário e aéreo, segundo os principais energéticos empregados.

A avaliação da eficiência energética no setor de transporte foi realizada a partir da contabilização concebida que se baseou na conjugação da modelagem desenvolvida que envolve duas abordagens *top-down* e *bottom-up*, que convergem a um sistema único, que consolida as informações e compara a coerência entre os modais de transporte.

Na abordagem *bottom-up* (ou contábil) são empregados modelos do tipo técnico-paramétricos, que partem de dados e informações desagregadas para a obtenção das projeções de demanda para cada segmento, modal e energético, tais como: vendas de autoveículos, curvas de sucateamento e consumo específico.

Já a abordagem *top-down* utiliza formulações econométricas e dados agregados para a obtenção das projeções de demanda por segmento, modal e energético, expressos em função de duas variáveis chave: nível de atividade e intensidade energética. Nesta metodologia, destaca-se que, tanto para cargas quanto para passageiros, o nível de atividade (tonelada-quilômetro e passageiro-quilômetro) é determinado, de forma geral, a partir de sua correlação com o PIB do país.

Para as projeções de demanda de energia, deste setor é importante ressaltar que a metodologia empregada possibilita internalizar ganhos de eficiência técnica, como aqueles proporcionados pela substituição de autoveículos ao término de sua vida útil por outros mais eficientes (efeito intensidade).

O resumo das principais premissas utilizadas nas projeções é descrito a seguir.

¹⁶ A estimativa do potencial de eficiência energética do setor de transportes foi realizada pelos técnicos da Superintendência de Derivados do Petróleo e Biocombustíveis da EPE: Angela Oliveira da Costa, Marcelo Cavalcanti e Patricia Stelling, sob coordenação do superintendente Ricardo Valle.

Modal Rodoviário

Para o segmento rodoviário de cargas, considera-se um incremento de 1% ao ano no rendimento médio dos motores de autoveículos novos a partir de 2012.

Para o segmento rodoviário de passageiros, considera-se que a média de ocupação nos autoveículos leves é de 1,5 passageiros por quilômetro (ANTP, 2008). Estima-se a redução deste indicador até 2022, no mesmo ritmo observado no período de 2004 a 2011 na Cidade de São Paulo, que foi de 0,8% ao ano (CETSP, 2011). O crescimento das vendas de veículos novos (efeito renda) não compromete a projeção da curva de quilometragem percorrida, no período analisado.

Modais Aeroviário e Aquaviário

Os modais aéreo e aquaviário, para transporte de passageiro foram modelados a partir de abordagens contábeis (técnico-paramétricas) associadas a formulações econométricas, incorporadas diretamente no modelo *top-down*, na forma de indicadores médios de atividade (passageiro-quilômetro e tonelada-quilômetro) e de intensidade energética.

No modal aéreo, considerou-se um aumento em função da atividade de transporte associada aos eventos de Copa do Mundo e Olimpíada, nos anos de 2014 e 2016 com um adicional de 2% além do expresso a partir da correlação com o PIB. O potencial de eficiência energética em aeronaves está associado aos avanços tecnológicos, que ocorrem principalmente em aperfeiçoamentos aerodinâmicos e reduções de peso. Esse potencial de eficiência é estimado em 1,0 a 2,2% ao ano no horizonte de análise (Lee *et al*, 2001). Por outro lado, como os voos regionais aumentam no Brasil, optou-se por uma abordagem conservadora no ganho de eficiência das aeronaves, pois voos regionais são mais curtos e realizados com aeronaves menores (ou com menor fator de ocupação), piorando assim a eficiência energética. Além disso, problemas de gerenciamento do espaço aéreo e dos aeroportos também reduzem o ganho de eficiência energética na aviação (aguardar para pousar e decolar gasta QAV, mas não gera o serviço energético principal, o deslocamento).

Para o modal aquaviário de cargas, as projeções de atividade foram correlacionadas com o PIB, acrescidas de um ganho de atividade, decorrente da substituição modal e a intermodalidade favorável ao transporte aquaviário, como no aumento no transporte de cabotagem do petróleo para as refinarias e de seus derivados para o mercado, em função, dentre outras, da localização de novas refinarias.

Modal Ferroviário

Na segmentação metrô e trem, foi usada uma abordagem desagregada por linha férrea/sistemas metroviários, considerando as informações como extensão de linha, atividade (passageiro-quilômetro e tonelada-quilômetro), intensidade de uso das linhas etc. Essas informações são utilizadas para definir indicadores médios de atividade e de intensidade energética, que alimentam o modelo *top-down* de projeção de demanda, como nos casos citados anteriormente. Sempre que necessário, foi utilizado um processo de iteração para harmonizar as projeções oriundas das abordagens *top-down* e *bottom-up*.

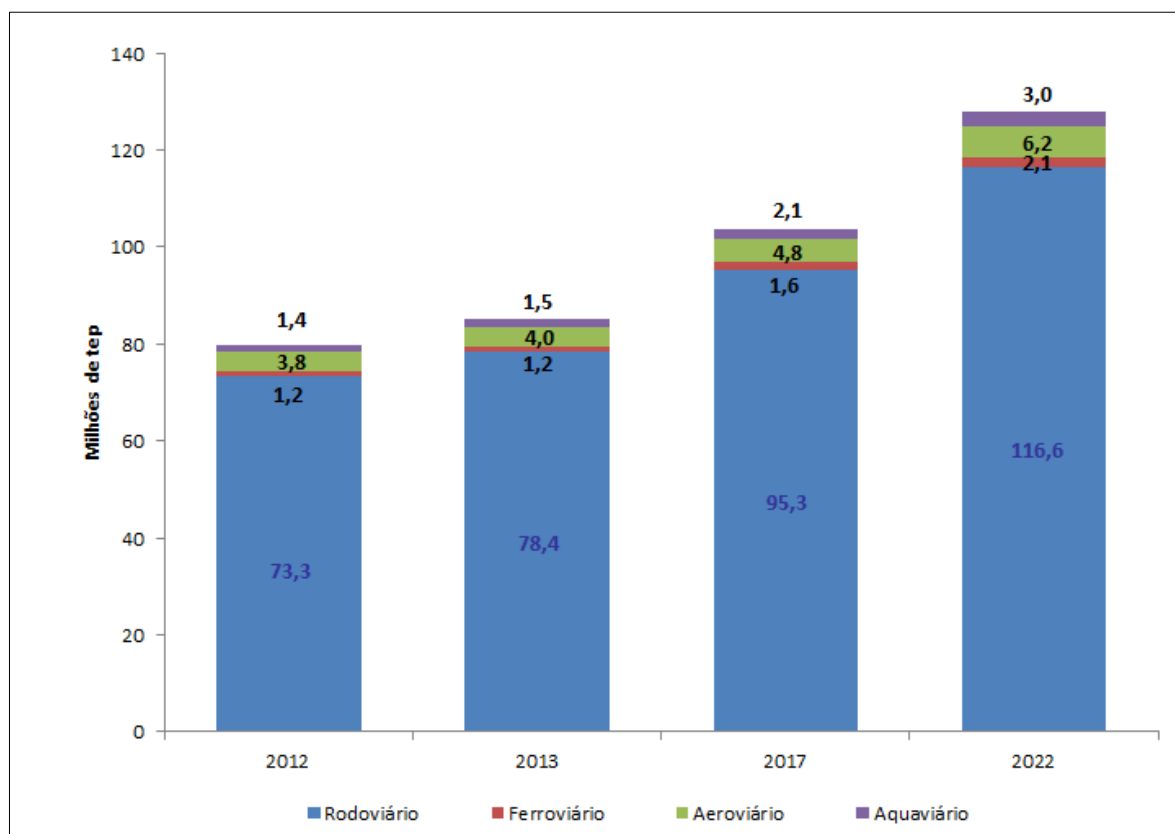
Já para o transporte ferroviário de cargas, a atividade é estimada tomando-se como base o Plano Nacional de Logística e Transporte - PNLT (CENTRAN, 2007), os projetos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC 1 e 2) e no Programa de Investimentos em Logística (PIL), lançado em 2012, assim como a expansão da Estrada de Ferro Carajás, projeto que não está incluído no PAC, mas acrescentará 101 km de linha além da duplicação de um trecho de 504 km.

A extensão projetada da malha férrea para transporte de cargas, em 2022, se aproxima dos 42 mil km, estes valores projetados estão em conformidade com o Plano Nacional de Logística e Transporte (PNLT).

Projeção do Consumo por Modal

A taxa de crescimento médio do consumo energético para o modal rodoviário é de 4,6% ao ano, no período 2012-2022. As projeções indicam um crescimento médio de 4,7% ao ano (59% no período) da demanda de energia do setor transporte, chegando a 127 milhões de tep em 2022, como indicado no Gráfico 12.

Gráfico 12 - Consumo energético por modal



Fonte: Elaboração EPE

3.4.1 Eficiência no Transporte

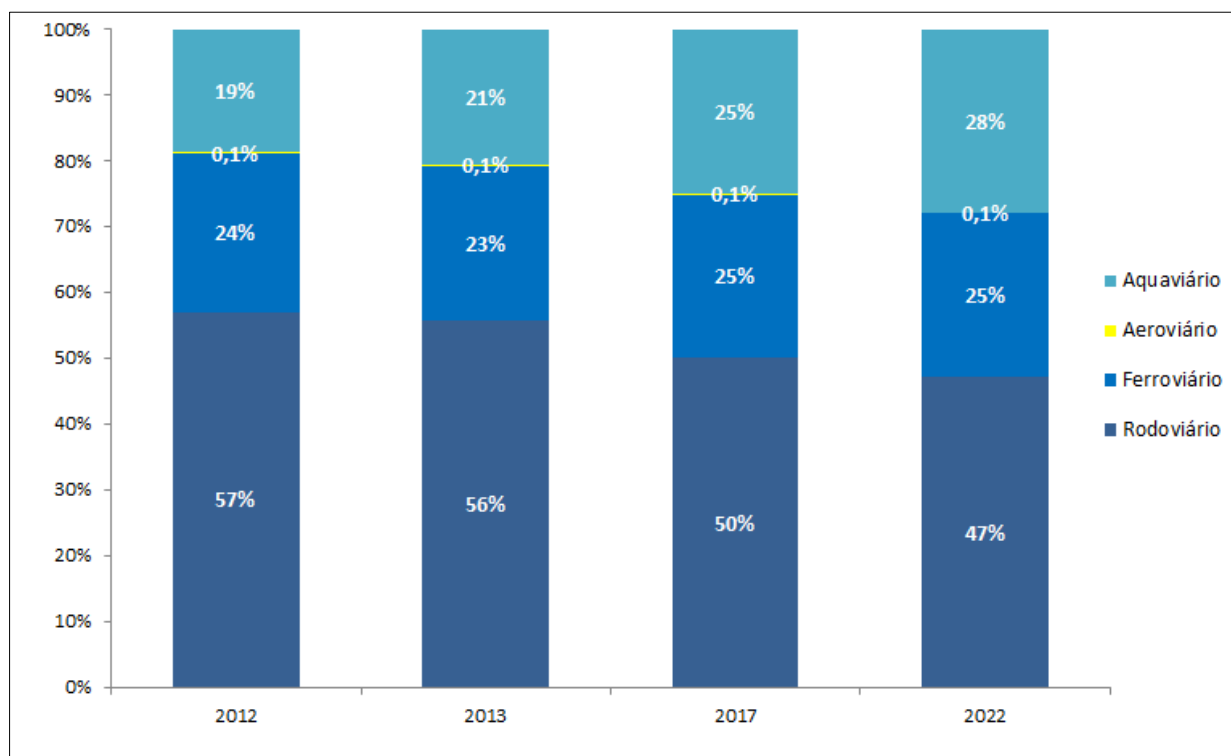
Para estimar a energia conservada no setor transporte, subtrai-se a projeção de consumo de energia realizada por fonte do consumo que ocorreria na ausência dos ganhos de eficiência energética (ou “consumo sem conservação”). O “consumo sem conservação” é obtido aplicando-se a mesma intensidade energética por fonte registrada no ano-base¹⁷ à projeção da atividade de transporte por modal¹⁸.

A evolução da distribuição da atividade do transporte de cargas mostra significativa transferência de modal, do setor rodoviário para os modais ferroviário e aquaviário. A participação destes últimos aumenta de 43% para 53% entre 2012 e 2022, o que significa uma redução do modal rodoviário com uma perda de cerca de 10% da preponderância histórica do transporte de cargas rodoviário (frete), divididos nos modais ferroviário e aquaviário, como mostra o Gráfico 13.

¹⁷ Por isso, o “consumo sem conservação” também é chamado “consumo com intensidade energética congelada”.

¹⁸ Cabe destacar que, ao se optar por uma abordagem de energia conservada por fonte e por modal, não se consegue mensurar todo o ganho sistêmico de eficiência energética (como ocorreria numa abordagem agregada para o total de energia do setor transporte). Todavia, para que as emissões de CO₂ evitadas fossem avaliadas, foi necessário desagregar para estimar a energia economizada por fonte.

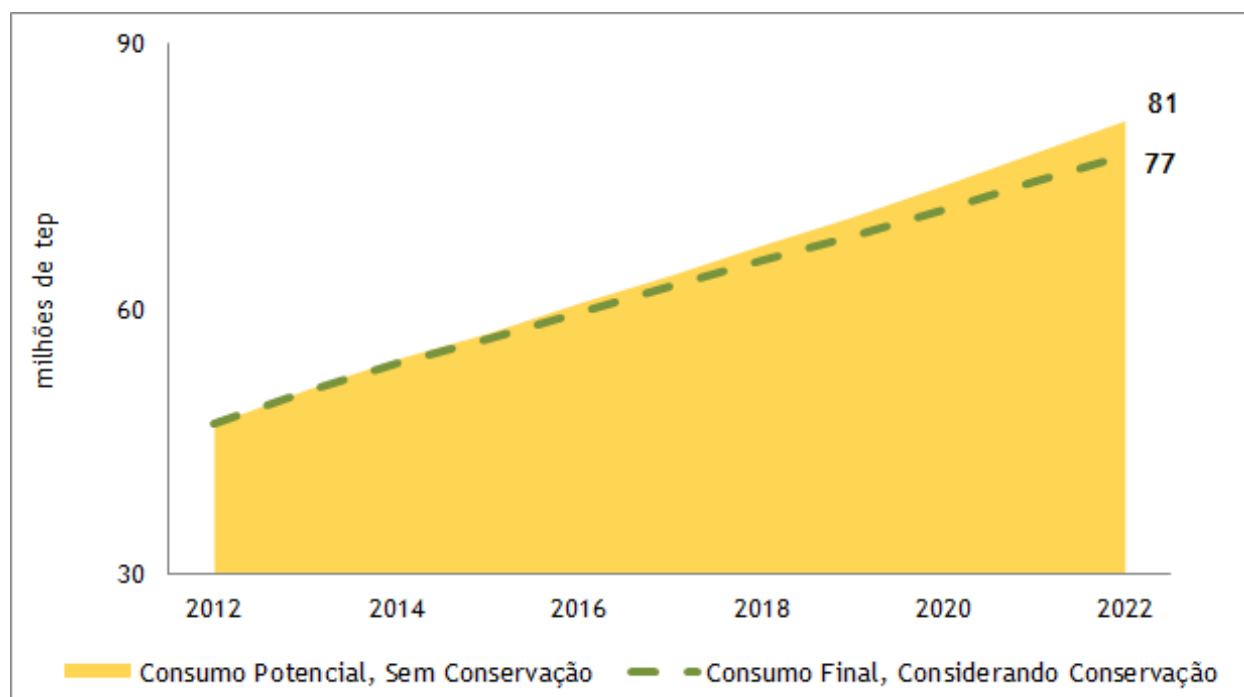
Gráfico 13 - Matriz de transportes de Carga: atual e projeção



Fonte: Elaboração EPE

Segundo as projeções para o setor de transportes, o segmento de passageiros, alcançará em 2022 uma redução de 4,8%, que representa cerca de 4 milhões de tep na demanda, como mostra o Gráfico 14.

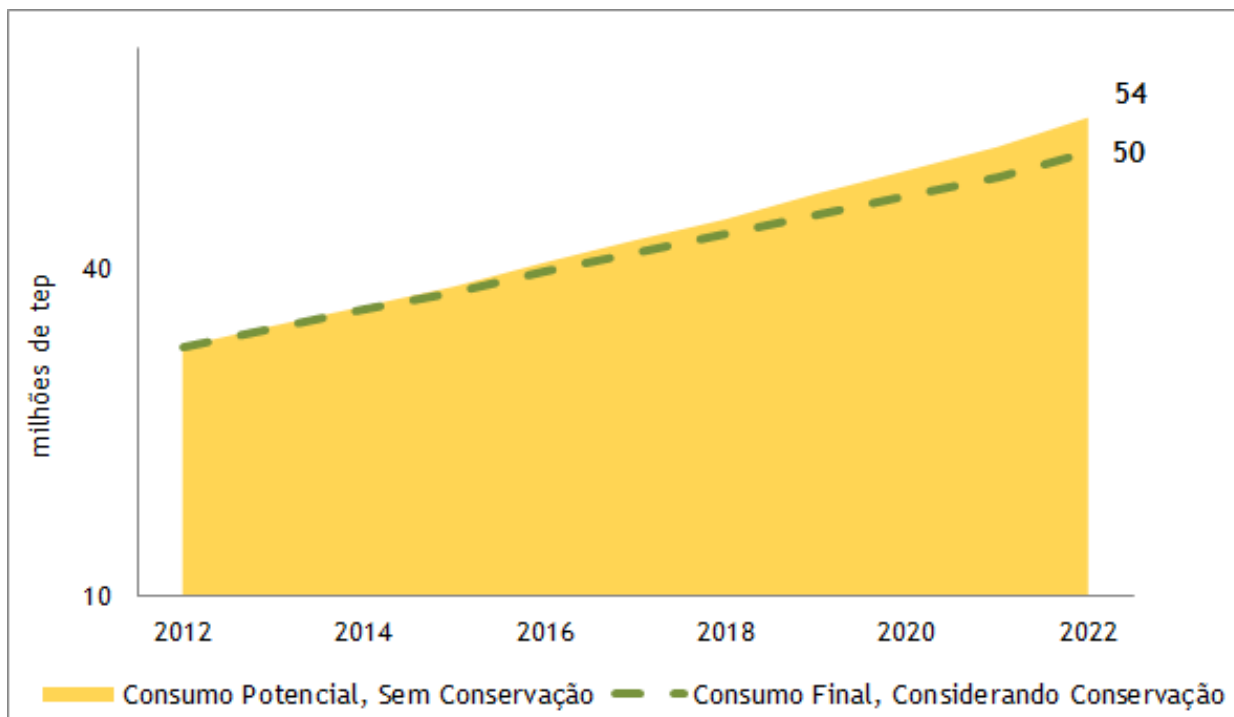
Gráfico 14 - Projeção para o setor de transporte, segmento de passageiro (milhões de tep)



Fonte: Elaboração EPE

Os ganhos de eficiência estimados para o transporte de cargas totalizaram 6% em 2022, que representa 4 milhões de tep, como mostra o Gráfico 15.

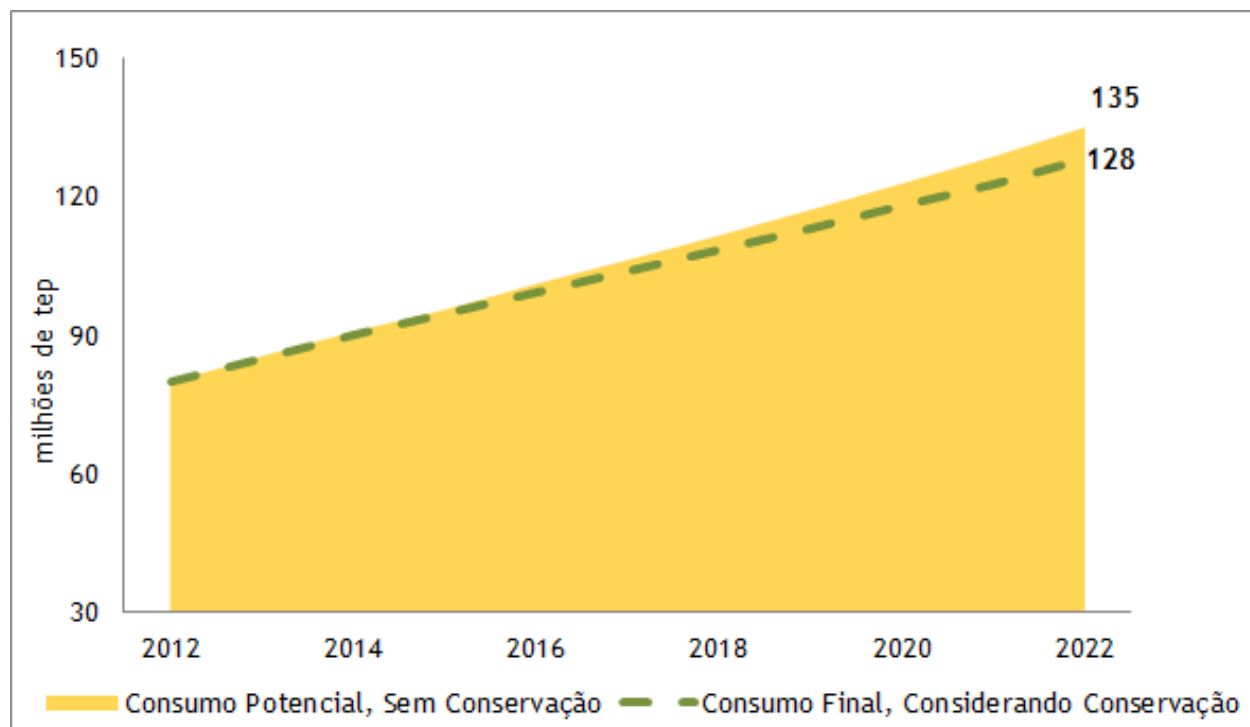
Gráfico 15 - Projeção para o setor de transporte, segmento de cargas (milhões de tep)



Fonte: Elaboração EPE

Com isto, o setor de transporte totaliza ganhos de eficiência da ordem de 5% em 2022, como mostrado no Gráfico 16, chegando a um total de 31 milhões de tep economizados no período 2012-2022, em comparação ao cenário que congela a estrutura de modais do ano base (2012).

Gráfico 16 - Projeção para o setor de transporte total: cargas e passageiro (milhões de tep)



Fonte: Elaboração EPE

3.4.2 Resultados globais de eficiência energética no setor de transportes

Os ganhos de eficiência assim calculados para o setor de transportes são apresentados na Tabela 25.

Projeta-se, para o setor de transportes uma conservação de 5% em relação à demanda de energia final prevista para 2022, equivalente a aproximadamente 7 milhões de tep, equivalente a aproximadamente 6,5% da produção média de petróleo no ano de 2012.

Tabela 25 - Setor de transportes: consumo de energia e eficiência energética

Consumo (10 ³ tep)	2013	2017	2022
Consumo sem conservação	85.407	106.167	134.878
Energia conservada	315	2.376	7.031
Energia conservada, %	0,4	2,2	5,2
Consumo com conservação	85.092	103.791	127.847

Fonte: Elaboração EPE

3.5 Demais setores de consumo final

3.5.1 Considerações iniciais

Excluído o setor energético, pode-se afirmar que os setores residencial, industrial e transportes, analisados nas seções precedentes quanto à eficiência energética intrinsecamente considerada na projeção dos respectivos consumos de energia, representam 80% do consumo final energético¹⁹.

Os outros setores apresentam especificidades que tornam complexa, ou mesmo impraticável, uma avaliação mais pormenorizada da eficiência energética.

Para efeito do horizonte de análise, esta Nota Técnica não explicita o conteúdo de eficiência energética intrinsecamente considerado nas projeções de demanda de energia para os demais setores.

3.5.2 Setor agropecuário

O consumo de energia no setor agropecuário, correspondente a 4% do consumo final energético no país²⁰, é basicamente concentrado em três fontes, a saber: óleo diesel (57%), lenha (23%) e eletricidade (19%). Desses, o que vem apresentando maior crescimento é a eletricidade, ao ritmo médio de 4,6% ao ano nos últimos 10 anos.

No âmbito dessa Nota Técnica, os ganhos de eficiência energética na evolução da demanda desse setor indicam que os efeitos combinados dos progressos tendenciais e induzidos resultam, em 2022, em um abatimento da demanda setorial de energia em torno de 2,0% ou 249 mil tep no ano de 2022, sendo que o grande potencial de economia está concentrado no óleo diesel com 50%, lenha com 31% e apenas 19% na eletricidade.

3.5.3 Setor comercial

De acordo com o BEN 2012 (EPE, 2013), o consumo de energia no setor comercial corresponde a 3% do consumo final energético do país, exclusive o setor energético. A fonte preponderante é a eletricidade, que concentra cerca de 90% da energia total consumida no setor, em seguida o GLP com 6%. A expansão do setor se dá com sustentação desta proporção em todo o horizonte, visto que o consumo relacionado à iluminação, refrigeração e força motriz, usos mais relevantes neste setor, é praticamente exclusivo desta fonte.

¹⁹ De acordo com os dados do BEN (EPE, 2013), os setores residencial, industrial e transportes representaram 80% do consumo final energético no ano de 2012, sendo 10% referentes ao consumo das famílias, 38% ao consumo das indústrias e 33% ao consumo dos transportes.

²⁰ Com base em dados do BEN 2012, exclusive setor energético.

Da mesma forma que no setor residencial, a avaliação da eficiência energética no setor comercial e de serviços requer ampla pesquisa sobre posse e uso de equipamentos. Neste caso é ainda limitado o conhecimento de sua estrutura, tendo em vista tratar-se de um setor bastante heterogêneo. Com efeito, incluem-se no setor comercial os *shopping centers*, estabelecimentos comerciais tradicionais do comércio varejista, inclusive bares e restaurantes, estabelecimentos do comércio atacadista, hotéis e instalações de lazer e turismo, estabelecimentos financeiros, escritórios e estabelecimentos de serviços médicos, estabelecimentos de ensino etc. Naturalmente, cada tipo de consumidor tem um perfil de consumo diferente, envolvendo usos, equipamentos e costumes diferentes, o que torna especialmente complexa a avaliação da eficiência energética nesse setor.

Ainda assim, no âmbito das projeções realizadas, foi possível estimar a eletricidade conservada no setor comercial partindo dos ganhos energéticos apurados nas duas últimas edições do BEU (anos bases: 1994 e 2004) e admitindo-se a manutenção da dinâmica histórica destes ganhos no horizonte deste trabalho (2013-2022). Segundo este procedimento de cálculo, estima-se em 4,7% a energia elétrica conservada neste setor no ano de 2022, o equivalente a uma redução de cerca de 6.700 GWh, e, para o montante da energia final conservada, que considera a parcela da eletricidade e combustível, estima-se uma redução de 4,7% no ano de 2022, que equivale a 640 mil tep.

O setor apresenta forte crescimento no período, devido, por um lado, ao aumento da renda da população e, conseqüentemente, ao maior acesso a bens de consumo, à educação, e a serviços de saúde e entretenimento. Por outro lado, a realização de grandes eventos esportivos no país proporciona melhorias significativas na infraestrutura para alojamento e turismo. O número de *shoppings centers* e supermercados aumentam, bem como do comércio varejista em geral.

3.6 Resultados consolidados da projeção

A Tabela 26 apresenta a consolidação dos resultados da contribuição da eficiência energética na redução da demanda de energia para os próximos 10 anos. De acordo com essas estimativas, as ações de eficiência energética contribuirão para reduzir a demanda de energia em aproximadamente 23 milhões de toneladas equivalente de petróleo em 2022. Os montantes de ganho de eficiência alcançados, por setor de consumo, são ilustrados no Gráfico 17.

Tabela 26. Brasil: Consumo de energia e eficiência energética

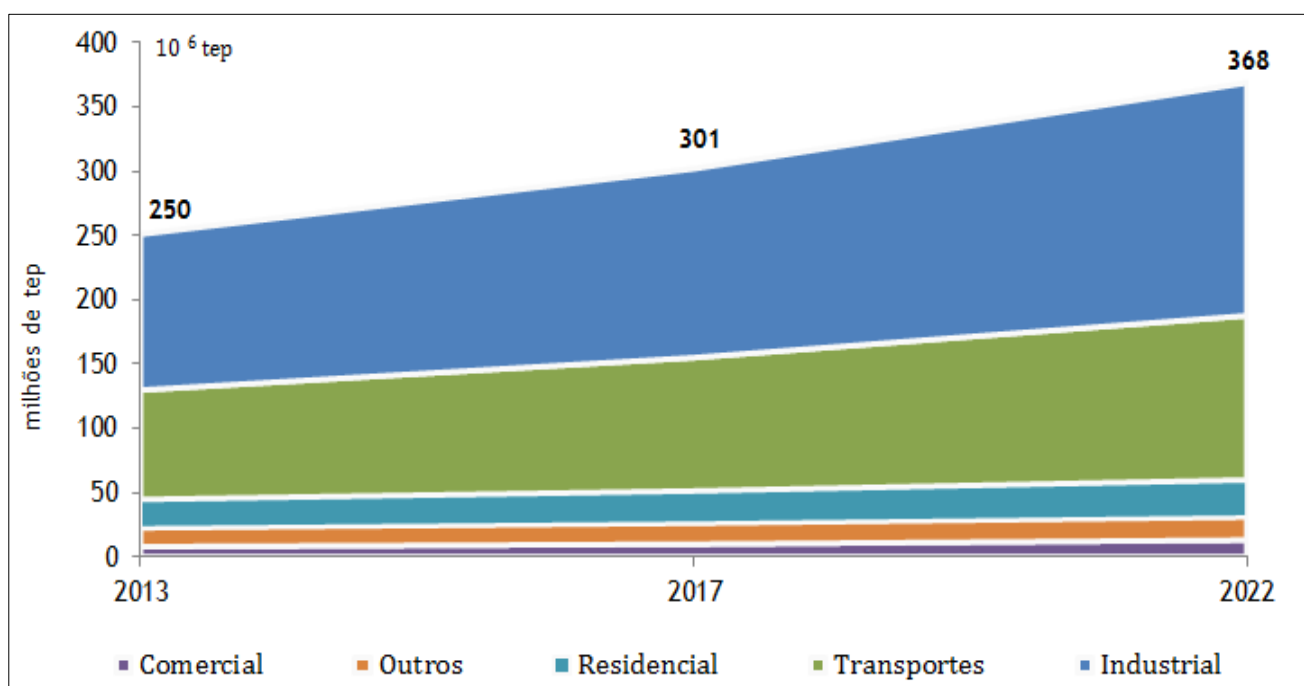
Consumo (10 ³ tep) ¹	2012	2013	2017	2022
Consumo potencial sem conservação	237.171	252.420	310.729	391.530
Energia conservada		1.448	8.811	22.740
Energia conservada (%)		0,6	2,8	5,8
Consumo final, considerando conservação	237.171	250.972	301.918	368.790
Emissões Evitadas com a Eficiência MtCO ₂ ⁽²⁾		4,6	24	60

Nota: ⁽¹⁾ Corresponde ao consumo total de eletricidade em todos os setores somado ao consumo de combustíveis em todos os setores, exceto o residencial.

⁽²⁾ Corresponde a energia conservada total (eletricidade e combustíveis) em todos os setores. No cálculo das emissões evitadas para o Setor de Transportes, foi considerada a redução de emissões devido ao aumento de eficiência energética em veículos leves Ciclo Otto e transporte de cargas. Não foi contemplada a eficiência sistêmica (mudança de modal) nesse cálculo.

Fonte: Elaboração EPE

Gráfico 17 - Projeção do consumo energético por setor, considerando o consumo evitado pela conservação de energia



Fonte: Elaboração EPE

Associado ao impacto do consumo evitado de energia está o volume aproximado de emissões evitadas de gases de efeito estufa em 2022²¹, que são devido à:

- Conservação de combustíveis fósseis: cerca de 38 MtCO₂;

²¹ A estimativa das emissões de gases de efeito estufa foi realizada pelos técnicos da Superintendência de Meio Ambiente: Marcos Ribeiro Conde e Ana Dantas Mattos, sob coordenação da superintendente Edna Elias Xavier.

- Conservação de eletricidade: cerca de 22 MtCO₂ (assumindo-se que o consumo evitado de eletricidade é gerada a partir de uma geração termelétrica a gás natural como usina marginal).

Ou seja, a eficiência energética tem uma importante contribuição nas emissões evitadas de CO₂-eq, podendo alcançar em 2022 cerca de 60 MtCO₂. Isto equivale a evitar aproximadamente de 4 vezes a emissão de CO₂ devido à geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) no ano de 2011, que foi da ordem de 15 MtCO₂, calculado com base nos dados de produção por origem do Operador Nacional do Sistema - ONS.

3.7 Síntese dos Resultados dos Programas Existentes

3.7.1 Resultados dos projetos do PEE da ANEEL - 2012

A Tabela 27 mostra os resultados do último ciclo de projetos de eficiência energética realizados pelo PEE da ANEEL, nas diversas tipologias.

Tabela 27 - Projetos do PEE da ANEEL

Tipologia	Energia Economizada Global (GWh/ano)	Demanda Retirada de Ponta Global (MW)	Projetos por Tipologia
Aquecimento Solar	25,5	18	30
Baixa Renda	1.993	702	250
Co-geração	70	9	5
Comércio e Serviços	62	19	165
Educacional	3	1	44
Gestão Energética Municipal	0	0	11
Industrial	62	4	29
Pelo Lado da Oferta	0	0,3	1
Poder Público	335	71	335
Projeto Piloto	38	4	10
Residencial	1.060	360	41
Rural	34	16	53
Serviços Públicos	116	25	104
Total	3.799	1.229	1.078

Fonte: ANEEL (2012)

3.7.2 Resultados do Selo Procel - 2012 (ano base 2011)

Em 2012, o PROCEL divulgou os resultados obtidos pelas ações da Eletrobras PROCEL, que teve como base estimativas de mercado, aplicação de metodologias específicas de avaliação de resultados e informações complementares, que estimou para o ano de 2011, uma economia de energia de aproximadamente 6,7 TWh, conforme detalhado na Tabela 28 (Eletrobras/PROCEL, 2012).

Tabela 28 - Resultados do Selo PROCEL - ano base 2011

Equipamento	Energia Economizada Global (TWh/ano)
Iluminação	2,47
Refrigeradores e <i>freezers</i>	2,28
Motores	1,1
Condicionadores de ar	0,87
Aquecimento solar	0,07
Total	6.79

Fonte: Cardoso (2012) apud PROCEL (2012)

SEÇÃO II: GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

4 DEFINIÇÕES GERAIS

4.1 Tipologias adotadas

A despeito de o conceito de geração distribuída apresentar algumas nuances dependendo da localidade, para fins desta nota técnica, adota-se a como definição para geração distribuída aquela geração de energia localizada próxima ao consumidor final, cuja instalação objetiva atendimento prioritário a este, podendo ou não gerar excedentes energéticos comercializáveis para além das instalações do consumidor final.

A partir dessa definição, parâmetros como porte da unidade geradora, fonte energética utilizada, grau de impacto ambiental e classificação regulatória, entre outros, não são considerados elementos restritivos para enquadramento ou não de uma instalação geradora de energia. Dentro deste conceito, outro aspecto a destacar é que se considera a geração de energia como um todo, abrangendo eletricidade e outros energéticos.

Adotamos aqui uma classificação por porte (grande porte e o agrupamento de médio/pequeno porte), de modo a tratar empreendimentos com lógica similar do ponto de vista do investimento, modo de operação e barreiras à implementação: enquanto as unidades de grande porte estão associadas forte e normalmente à lógica industrial, a geração distribuída de menor porte apresenta uma lógica mais vinculada à realidade de residências e do setor comercial.

Contudo, trata-se de uma classificação arbitrária, uma vez que uma definição exata é divergente entre diversas fontes.

4.2 Geração distribuída na legislação brasileira

A geração distribuída (GD) se apresenta como uma possível, e bem próxima, alternativa ao atual modelo de planejamento da expansão do sistema energético brasileiro, podendo ser uma alternativa de uso mais eficiente de recursos energéticos, econômico-financeiros e ambientais.

Para um entendimento do significado da geração distribuída será apresentado a seguir alguns conceitos utilizados para esse tema.

O decreto nº 5.163/2004²² define a geração distribuída da seguinte forma:

²² Decreto nº 5.163 de 30 de julho de 2004. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências.

“Art. 14. Para os fins deste Decreto, considera-se geração distribuída a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, incluindo aqueles tratados pelo art. 8º da Lei nº 9.074, de 1995, conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquela proveniente de empreendimento:

I - hidrelétrico com capacidade instalada superior a 30 MW; e

II - termelétrico, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a setenta e cinco por cento, conforme regulação da ANEEL, a ser estabelecida até dezembro de 2004.

Parágrafo único. Os empreendimentos termelétricos que utilizem biomassa ou resíduos de processo como combustível não estarão limitados ao percentual de eficiência energética prevista no inciso II do caput.”

O PRODIST²³ define a geração distribuída como, centrais geradoras de energia elétrica, de qualquer potência, com instalações conectadas diretamente no sistema elétrico de distribuição ou através de instalações de consumidores, podendo operar em paralelo ou de forma isolada e despachadas - ou não - pelo ONS (ANEEL, 2012a).

Diversas fontes e tecnologias podem (e devem) ser consideradas no âmbito da geração distribuídas, sejam estas renováveis ou não: solar fotovoltaica, eólica e biomassa, são os principais exemplos de fontes renováveis distribuídas; microturbinas e motogeradores a gás natural, cogeração a gás natural, motores a diesel, são os principais exemplos para fontes não renováveis. Há ainda outras possibilidades como os resíduos de processos industriais como os gases de alto forno nas siderúrgicas e a lixívia na indústria de papel e celulose.

Com intuito de reduzir as barreiras para a penetração da geração distribuída de pequeno porte a ANEEL através da resolução nº 482/2012 estabelece regras, que incluem a microgeração, com até 100 KW de potência, e a minigeração, de 100 KW a 1 MW, e também cria o sistema de compensação de energia, que permite ao consumidor instalar pequenos geradores em sua unidade consumidora e trocar energia com a distribuidora local. As condições do regulamento são válidas para geradores que utilizem fontes incentivadas de energia: hídrica, solar, biomassa, eólica e cogeração qualificada (ANEEL, 2012b).

5 RESULTADOS AGREGADOS

No horizonte decenal, destaca-se o relevante papel da geração distribuída no atendimento à demanda de eletricidade: estima-se que esta alternativa de atendimento permite abater em torno de 117 TWh desta demanda.

²³ PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. Módulo 1, Resolução Normativa nº 517/2012. 14/12/2012.

Deste total, mais de 99% se originam de projetos de co-geração industriais de grande porte, nomeadamente nas indústrias siderúrgica, química, celulose & papel, açúcar & álcool e produção de petróleo e gás natural. Esta categoria de geração distribuída apresenta taxas de crescimento em torno de 9% a.a. neste período, ou seja, a taxas mais elevadas do que o crescimento da demanda total de eletricidade no mesmo período.

Cabe destacar, contudo, que é a geração distribuída de pequeno porte, em especial a geração solar fotovoltaica, que se espera observar as maiores taxas de crescimento em termos de capacidade instalada e energia gerada: em 2022, estima-se que estes sistemas sejam responsáveis por aproximadamente 1,4 GW_p, com uma taxa de crescimento médio de 72% a.a. no horizonte decenal.

Na Tabela 29 são apresentados os resultados consolidados da geração distribuída estimada no horizonte decenal.

Tabela 29 - Estimativa da energia gerada oriunda da instalação de sistemas de geração distribuída no horizonte decenal (GWh)

Tipo de geração distribuída	2013	2017	2022
Grande porte	53.549	75.843	115.008
Siderurgia	5.205	5.205	10.167
Petroquímica	2.459	2.459	4.439
Celulose & papel	12.226	18.036	25.056
Açúcar & álcool	15.071	19.818	23.623
E&P	10.790	20.820	39.812
Outros setores	7.798	9.505	11.911
Pequeno porte			
Fotovoltaica	14	325	1.919
Total			

Fonte: Elaboração EPE

6 RESULTADOS POR TIPOLOGIA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

6.1 Geração distribuída de pequeno porte

Nos últimos anos observa-se grande evolução técnica e econômica de tecnologias de geração distribuída, fruto tanto de amplo apoio de governos de países interessados em desenvolver tais fontes, quanto do início do processo de difusão das mesmas. Por trás do interesse em desenvolver tais fontes pode-se destacar a necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e desenvolver matrizes energéticas baseadas em fontes renováveis (reduzindo a dependência de fontes fósseis).

Dentre as tecnologias de geração distribuída de pequeno porte destaca-se a fotovoltaica. No horizonte decenal esta tecnologia é a que se apresenta como a mais promissora em termos de inserção na matriz elétrica nacional, e que será projetada para fins de planejamento.

No Brasil, até recentemente as instalações de sistemas fotovoltaicos estavam limitados a aplicações que visavam atender sistemas remotos. Neste contexto, programas da esfera federal como o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM) e posteriormente o LUZ PARA TODOS instalaram grande parte dos sistemas fotovoltaicos no país a fim de atender à população que não possuía acesso à eletricidade. De acordo com MME (2009), no PRODEEM foram instalados o equivalente a 5 MWp em aproximadamente 7.000 comunidades espalhadas por todo o Brasil.

No entanto nos anos mais recentes o cenário internacional tem sido de expressiva redução dos custos de investimento e expansão da capacidade instalada da fonte. Assim, a paridade tarifária entre o custo nivelado de geração da fonte e as tarifas finais dos consumidores de energia elétrica aproxima-se em diversos países.

Diante deste cenário em 2011 a ANEEL realizou a chamada de Projeto de P&D Estratégico nº 013/2011 (“Arranjos técnicos e comerciais para inserção de projetos de geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira”) objetivando facilitar a difusão de conhecimento sobre a energia fotovoltaica e sua adequação às particularidades do setor elétrico nacional. Foram selecionados 18 projetos a serem instalados nas diversas regiões até 2015, totalizando 24,6 MWp instalados e investimento de R\$ 396 milhões.

Em 2012, a ANEEL estabeleceu as condições gerais para o acesso da micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica bem como o sistema de compensação de energia em território nacional através da resolução normativa nº 482/2012. Assim, foram viabilizadas condições básicas para consumidores de energia elétrica adotarem geração distribuída através do sistema *net metering*.²⁴

²⁴ *Net Metering* ou Sistema de Compensação de Energia é a abordagem na qual medidores bidirecionais medem o fluxo de energia em uma unidade consumidora dotada de pequena geração. Assim, se em um período de faturamento a geração de energia da unidade consumidora for superior à consumida, o consumidor tem direito a crédito em energia na fatura do período subsequente. Caso contrário, o consumidor deve pagar somente a diferença entre a energia consumida e a gerada.

Neste contexto e entendendo que o *net metering* possa gerar o início do processo de difusão tecnológica da geração distribuída de pequeno porte, o que deve ser feito no horizonte decenal através da tecnologia fotovoltaica. Assim, descreve-se a metodologia aplicada para estimar capacidade instalada e geração fotovoltaica no Brasil.

6.1.1 Metodologia de projeção de geração fotovoltaica

A metodologia de projeção de difusão da tecnologia fotovoltaica na geração distribuída no horizonte decenal avalia o potencial de penetração desta alternativa sob a ótica do consumidor final. Justifica-se essa abordagem reconhecendo-se que, neste caso, as decisões de investimento e implantação destes empreendimentos segue uma dinâmica diferente daquela observada no caso da instalação de unidades centralizadas no SIN.

Neste sentido, a aferição da viabilidade econômica da geração solar fotovoltaica distribuída é realizada comparando-se, ano a ano, o custo nivelado da geração fotovoltaica e a tarifa final residencial da distribuidora local de energia elétrica, assumindo-se como hipótese a manutenção do valor da tarifa em termos reais ao longo do horizonte decenal. Cabe destacar também que a projeção da tarifa final de energia elétrica por distribuidora considera uma estimativa de redução inicial de 16% em 2013 (consequência da lei nº 12.783/2013 que trata da renovação das concessões), assumindo-se que esta permanece constante até o final do horizonte decenal.

Por sua vez, a estimativa de custo nivelado da geração fotovoltaica considera parâmetros tais como: custo de investimento inicial, custos de operação e manutenção e fatores de capacidade, cujos parâmetros são disponíveis em EPE (2012a). Aspecto importante nessa estimativa é que se assume como premissas a perspectiva de redução dos custos de investimento com base em cenário projetado pela IEA (2012) até 2020, mantendo este valor nos dois últimos anos. O fator de capacidade adotado foi o mesmo de EPE (2012a), assumindo o valor de 15,1% como uma média (premissa simplificadora), mas entendendo que necessariamente não são aplicáveis a locais específicos e a situações particulares.

Tabela 30 - Parâmetros de cálculo do custo nivelado de fotovoltaica

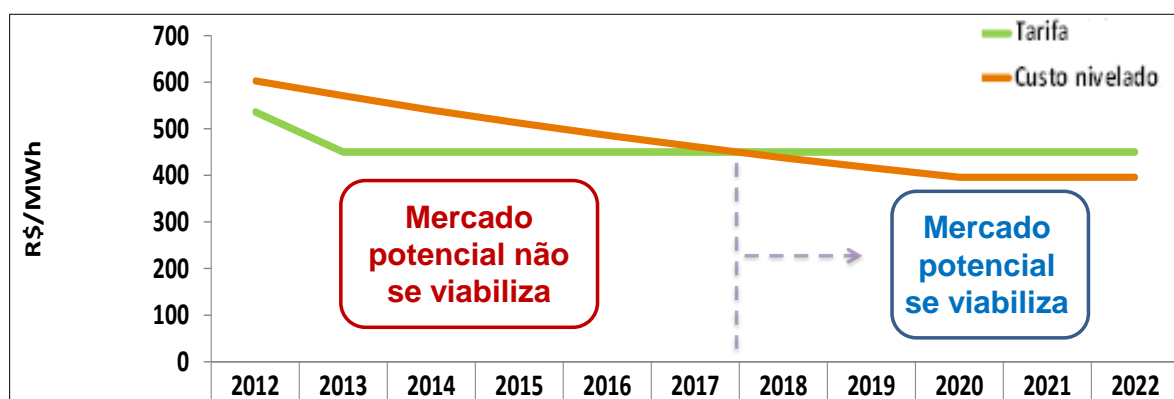
Parâmetro	Valor
Taxa real de desconto	6% a.a.
Vida útil	20 anos (exceto inversores:10 anos)
Custo anual de operação e manutenção:	1% do custo do investimento inicial a.a.
Fator de capacidade:	15,1%
Prazo de maturação do investimento:	3 meses
Investimento inicial (5kWp):	R\$ 38 mil
Redução anual custo de investimento até 2020:	6,4% a.a.
Custo nivelado de geração (2012)	602 R\$/MWh
Custo nivelado de geração (2020)	396 R\$/MWh

Fonte: EPE (2012a) e IEA (2012)

O processo descrito acima gera como resultado uma curva de evolução tanto da tarifa de eletricidade quanto dos custos nivelados dentro de uma determinada área de concessão, conforme ilustrado na Figura 5. No momento em que as curvas se cruzam (Tarifa = Custo nivelado), a tecnologia de geração fotovoltaica passa a integrar a região de viabilidade econômica.

Esta primeira etapa da metodologia fornece um panorama das regiões de viabilidade econômica geograficamente distribuída para a geração solar fotovoltaica.

Figura 5. Viabilidade Econômica da fonte fotovoltaica



Fonte: Elaboração EPE

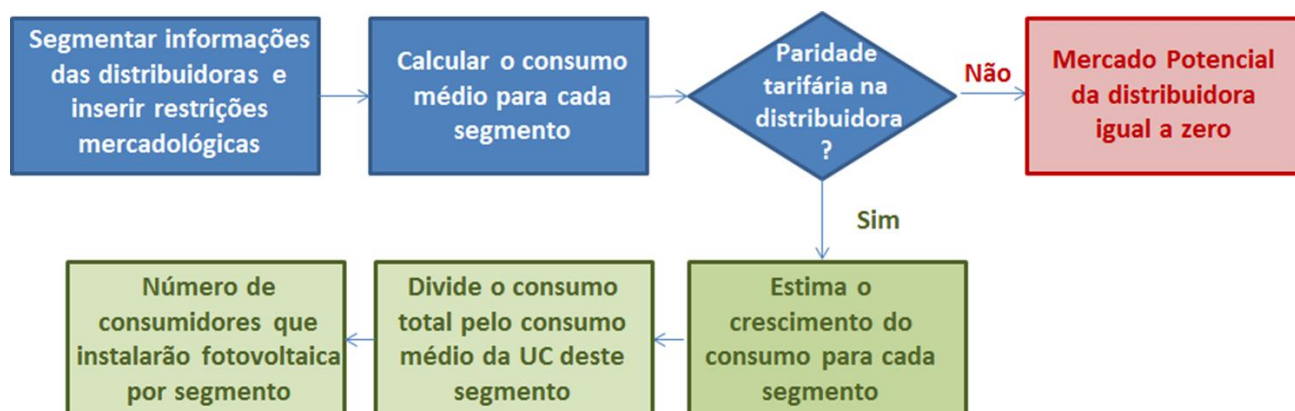
Outra etapa importante na metodologia inclui a estimativa do potencial de consumidores elegíveis à adoção desta tecnologia neste horizonte. Isso significa estabelecer parâmetros

capazes de filtrar dentre os consumidores de energia elétrica nas classes residenciais e comerciais, aqueles que formam um nicho de mercado que potencialmente podem adotar a tecnologia nos próximos anos. Esse processo adota as seguintes etapas:

- A partir de dados de consumo de energia elétrica (SIMPLES/EPE), limitou-se o mercado potencial no ano base como residências que consomem acima de 500 kWh/mês e uma parcela da classe comercial na baixa tensão;
- Considera-se como restrição que apenas 30% dos telhados de residências que possuem padrão de consumo descrito acima possuem características que possibilitam a implementação do painel. Tal valor é o limite inferior encontrado por Wiginton *et al.* (2010), que lista vários estudos com valores que variam entre 30% e 90%. Dessa forma, a estimativa aqui pode ser considerada conservadora sob este ponto de vista.
- Para projetar o número de consumidores elegíveis, assume-se que o consumo médio por unidade consumidora irá permanecer constante no horizonte. Estima-se então o crescimento do volume de energia ao longo do horizonte multiplicando pela taxa de crescimento da respectiva classe de consumo no PDE.
- Posteriormente, estima-se o número de consumidores através divisão entre volume total de energia no ano em questão e o consumo médio anual por unidade consumidora.

Este processo é ilustrado na Figura 6.

Figura 6. Metodologia de projeção da penetração de energia solar fotovoltaica distribuída por área de concessão de energia elétrica



Fonte: Elaboração EPE

6.1.2 Resultados

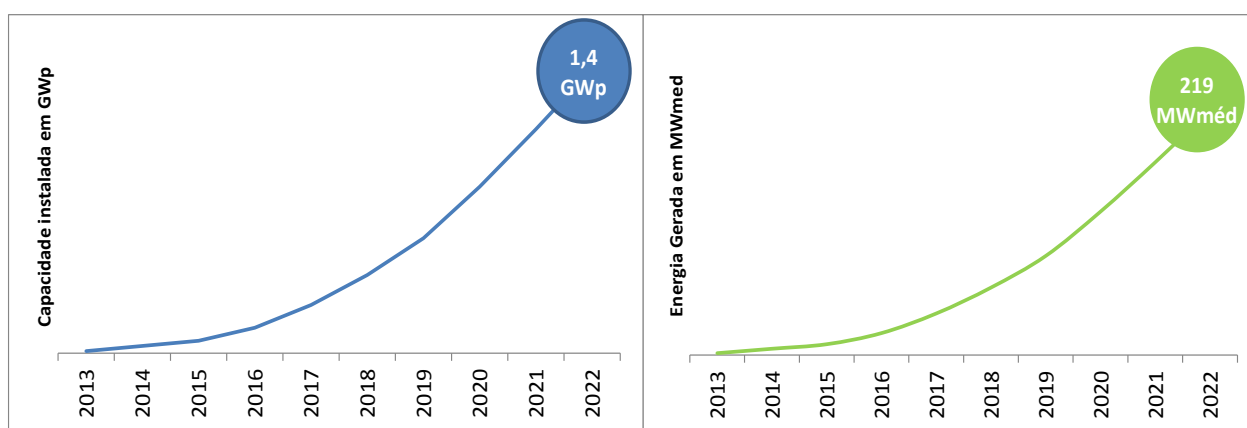
A partir do número de consumidores, potência média dos respectivos painéis e estimativa de fator de capacidade de 15,1%, conforme utilizado em EPE (2012a), é possível estimar tanto a capacidade instalada, quanto a geração de energia que estará associada a esta capacidade. A Tabela 31 e a Figura 7 apresenta tais valores.

Tabela 31. Capacidade e Geração de Energia a partir da fonte fotovoltaica.

Segmento	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Potência instalada acumulada (MWp)	11	37	64	130	246	400	587	850	1.143	1.451
Δ de Potência instalada (MWp)	11	26	27	66	116	154	188	263	293	308
Energia gerada (MWmed)	1,6	5,6	9,6	19,6	37,2	60,3	88,7	128,4	172,5	219,1
Δ de Energia gerada (MWmed)	1,6	4,0	4,1	9,9	17,6	23,2	28,4	39,7	44,2	46,6

Fonte: Elaboração EPE

Figura 7. Evolução de capacidade instalada e energia gerada



Fonte: Elaboração EPE

Assim, estima-se em 1,4 GWp a capacidade total instalada de geração solar fotovoltaica em 2022. Este valor leva em consideração a evolução natural do atual marco regulatório com o mercado interno se beneficiando da queda de custos internacionais. Deve-se ressaltar que tecnologias de bens de consumo duráveis com longo prazo de maturação, como a fotovoltaica, atrai inicialmente apenas a parcela do mercado mais propensa ao risco. Neste sentido a experiência internacional mostra que o nível de penetração desta fonte pode ser fortemente influenciado por políticas de governo, notadamente o “*feed-in*”. Este tipo de política de incentivo (“*feed-in*”) aumenta a atratividade sobre a ótica do investidor ao alterar na lógica do risco retorno.

No entanto, por ter o Brasil uma matriz renovável e no horizonte decenal a expectativa de expansão elétrica ainda ser feita predominantemente por fontes renováveis, optou-se por projetar a difusão da tecnologia com base na manutenção da política de “*net metering*”, sem políticas de incentivo para o horizonte analisado. Desta forma, e reconhecendo-se que a magnitude e extensão da difusão tecnológica da fotovoltaica é também função das políticas de incentivos à que a fonte estará sujeita no país, pode-se afirmar que a projeção é conservadora no sentido de se realizar em cima do *status quo* desta fonte de geração no país.

6.2 Geração distribuída de grande porte

6.2.1 Metodologia utilizada

Para efeito desta nota técnica, considera-se como geração distribuída de grande porte a chamada autoprodução de energia elétrica, isto é, a geração de eletricidade do consumidor com instalações próprias de geração de energia elétrica, localizadas junto às unidades de consumo, que não utiliza, para o auto suprimento de eletricidade, a rede elétrica das concessionárias de transmissão/distribuição. A autoprodução constitui-se em importante elemento na análise do atendimento à demanda de eletricidade, uma vez que ela representa atualmente em torno de 10% de toda a energia elétrica consumida no país e tem grande potencial de expansão nos próximos anos.

A principal forma de autoprodução é a cogeração, uma forma de uso racional da energia, uma vez que o rendimento do processo de produção de energia é significativamente aumentado a partir da produção combinada de energia térmica e elétrica, com melhor aproveitamento do conteúdo energético do combustível.

O mercado potencial de cogeração é constituído, essencialmente, pelos segmentos industriais que utilizam grandes quantidades de vapor e eletricidade no próprio processo industrial e que, simultaneamente, geram resíduos de processo que podem ser utilizados como combustível para a geração de eletricidade. Os principais segmentos industriais que apresentam tais características são: papel e celulose, siderurgia, química e petroquímica, refino de petróleo, açúcar e álcool, alimentos & bebidas e a produção têxtil.

Adicionalmente, é expressivo o montante de autoprodução de eletricidade através da geração termoelétrica a gás natural nas plataformas *off-shore* e tal parcela deverá ganhar maior importância com a exploração do pré-sal. Estima-se que os requisitos de demanda de eletricidade para operação de equipamentos nestas plataforma apresentem aumento, correlacionando-se aos desafios de exploração e produção em lâminas d'água e camadas de rocha no fundo marinho progressivamente mais profundas.

Para realizar a projeção da autoprodução relativa aos segmentos industriais considerados, além de informações existentes sobre novos projetos de empreendimentos de autoprodução e cogeração, com entrada em operação prevista no horizonte do estudo, formulam-se também premissas gerais sobre a evolução da autoprodução, com base nas perspectivas de expansão da capacidade instalada de produção dos diferentes segmentos industriais e na avaliação das potencialidades de cogeração que os respectivos processos industriais propiciam.

É o caso, por exemplo, da indústria de celulose, em que é de se supor que praticamente toda a expansão de capacidade que venha a ocorrer no futuro seja atendida via cogeração. Existirão, ainda, outros casos em que o autoprodutor será, não somente autossuficiente em energia elétrica, mas será, de fato, um ofertante líquido de energia para o sistema elétrico. É esse o caso de usinas siderúrgicas integradas com coqueria própria, destinadas à produção de placas. O uso de formas avançadas de cogeração, com aproveitamento dos gases de coqueria e de alto-

forno, associado a não existência da fase de laminação (eletrointensiva) permite, em tais plantas siderúrgicas, gerar excedentes significativos de eletricidade.

Assim, considerou-se, como premissa básica, que toda a expansão nova de celulose será autossuficiente em energia elétrica. No caso da siderurgia, a expansão da capacidade instalada considerada neste estudo, foi classificada em diversos tipos de rota tecnológica, cada um dos quais apresenta diferentes características de consumo de eletricidade e de potencial de cogeração. Para cada um dos três tipos de rota tecnológica considerada (rota integrada com coqueria própria, rota integrada sem coqueria própria e rota semi-integrada), foi avaliado o respectivo potencial de cogeração, com base na cogeração existente no atual parque siderúrgico brasileiro.

No caso da indústria petroquímica, admitiu-se que praticamente toda a expansão da produção de eteno a partir de insumo petroquímico seja atendida por autoprodução.

A autoprodução nos segmentos de açúcar e álcool, de exploração e produção de petróleo e gás natural, além do segmento de refino, foi correlacionada com as premissas sobre os respectivos níveis de atividade setorial. Assim, a autoprodução no segmento de açúcar e álcool se correlaciona com a produção de cana para a produção de açúcar e para a produção de etanol. A autoprodução em refinarias se correlaciona com o montante de carga processada. E a autoprodução na exploração e produção de petróleo e gás natural (E&P) se correlaciona com a produção de petróleo, distinguindo-se entre produção no pós-sal e produção no pré-sal: admitiu-se que a exploração de petróleo no pré-sal requer maior quantidade de geração de energia elétrica para a extração da mesma quantidade de petróleo.

Na Tabela 32 estão resumidos alguns indicadores importantes associados às premissas adotadas para um conjunto de segmentos industriais selecionados.

Tabela 32 - Indicadores/Premissas para segmentos industriais selecionados

Segmento industrial	Crescimento da produção física ⁽¹⁾	Unidade	Índice de auto-produção ⁽²⁾	Unidade
Celulose	13,7	10 ⁶ t/ano	950	kWh/t celulose
Petroquímica (eteno)	1,2	10 ⁶ t/ano	1.540	kWh/t eteno
Siderurgia (aço bruto)	23,8	10 ⁶ t/ano	-	-
<i>Rota integrada com coqueria própria destinada à produção de placas</i>	<i>3,7</i>	<i>10⁶ t/ano</i>	<i>390</i>	<i>kWh/t aço</i>
<i>Rota integrada com coqueria própria</i>	<i>11,5</i>	<i>10⁶ t/ano</i>	<i>280</i>	<i>kWh/t aço</i>
<i>Rota semi-integrada</i>	<i>8,6</i>	<i>10⁶ t/ano</i>	<i>0</i>	<i>kWh/t aço</i>
Refino de petróleo	83,7	10 ⁶ m ³ /ano	16	kWh/m ³ Petróleo
Açúcar e álcool	457,4	10 ⁶ t/ano	23	kWh/t Cana
E&P (petróleo)	206,0	10 ⁶ m ³ /ano	100	kWh/m ³ Petróleo

(1) No período 2012-2022.

(2) Valores médios para o período 2012-2022.

Fonte: Elaboração EPE

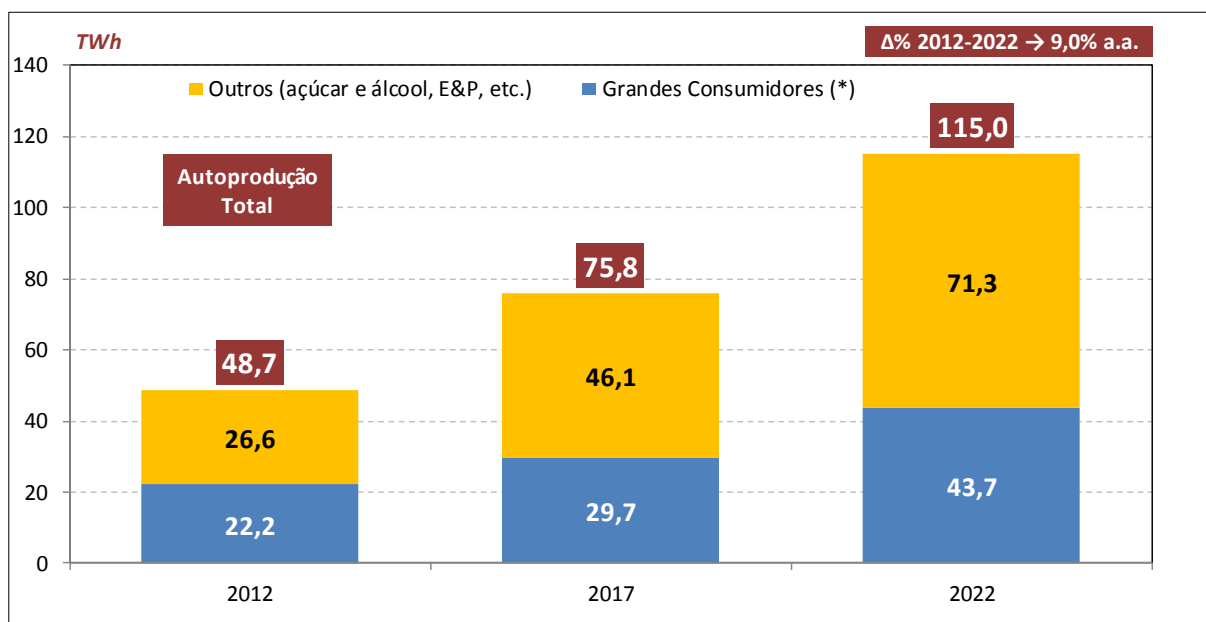
6.2.2 Resultados

De acordo com as premissas e os aspectos metodológicos mencionados no item 6.2.1²⁵, prevê-se um expressivo crescimento da autoprodução nos próximos 10 anos, com taxa média anual em torno de 9%. Nesse contexto, estima-se que a participação da autoprodução no consumo total de eletricidade do país passará de 10% para cerca de 15% ao final do decênio.

A autoprodução de energia elétrica, atualmente em torno de 49 TWh, atingirá 115 TWh, ou 13 GWmédios, em 2022 (Gráfico 18). Isto é, o montante de autoprodução ao final do horizonte decenal corresponderá a algo equivalente à soma das energias asseguradas das duas maiores usinas hidroelétricas atualmente existentes no país: Itaipu (incluindo a parcela Paraguaia) e Tucuruí.

²⁵ A descrição geral das premissas consideradas na expansão industrial é detalhada na Nota Técnica “Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2013-2022)”, disponível em: http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20130117_1.pdf.

Gráfico 18 - Autoprodução de eletricidade 2012-2022 (TWh)



(*) Engloba os segmentos industriais: papel e celulose, siderurgia, ferroligas, pelotização, alumínio, alumina e bauxita, cobre, petroquímica, soda-cloro e cimento. Autoprodução concentrada nos segmentos de papel e celulose, siderurgia e petroquímica.

Fonte: Elaboração EPE

SEÇÃO FINAL

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As projeções de demanda de energia para os próximos 10 anos, já embutem a parcela de consumo evitado devido à eficiência energética em todos os setores. Em dez anos, estima-se que as ações de eficiência energética no consumo de combustíveis e eletricidade contribuam para reduzir a demanda em 5,8% em 2022. É no setor industrial com maior parcela de contribuição a estes ganhos (6,6%), decorrentes de ações relacionadas, principalmente a: PBE, detalhamento de novos índices de eficiência energética mínima (lei nº 12.195/2001) e reposição tendencial de equipamentos na indústria. Já para a conservação de eletricidade, destaca-se, em especial, a regulamentação específica sobre as lâmpadas incandescentes (portaria interministerial nº 1.007/2010), que contribuiriam com uma redução líquida na demanda de eletricidade na ordem de 8 TWh em 2022, ou seja, para essa projeção levou-se em consideração além da saída das incandescentes para os domicílios existentes os novos domicílios que irão se adequar a esta portaria.

Destaca-se, ainda que, embora não seja exatamente uma ação de eficiência energética, mas sim redução da demanda de energia por substituição, o programa de energia solar no Programa Minha Casa Minha Vida, estima-se contribuir para redução de demanda de eletricidade na ordem de 7,3 TWh para o período de projeção.

Dessa forma, estima-se que em 2022 a energia total conservada atingirá os potenciais abaixo:

- Total de conservação de eletricidade: 49 TWh, que equivale à geração de uma usina hidroelétrica com potência instalada de cerca de 10.000 MW, equivalente a três usinas de Xingó.

O total de conservação em combustíveis é da ordem de 18 milhões de tep, no ano de 2022, se expresso em barris equivalentes de petróleo, é de cerca de 370 mil barris por dia, ou aproximadamente 17% do consumo de petróleo no país em 2012.

Estima-se para o período de 2013-2022, que as iniciativas de eficiência energética contribuam para evitar 292 milhões de toneladas de CO₂ no país. As emissões evitadas com as ações de eficiência energética em 2022 equivalem a quatro vezes às emissões totais emitidas no ano de 2011.

A geração distribuída de grande porte historicamente tem contribuído de forma significativa para reduzir as necessidades de expansão do sistema elétrico interligado nacional. Nos próximos anos, estima-se que indústrias de base importantes (siderúrgica, química, celulose & papel, entre outras), continuarão a contribuir de forma relevante neste sentido: estima-se um abatimento de solicitação à rede em torno de 117 TWh em 2022.

Por sua vez, no que tange à geração distribuída de pequeno porte, internacionalmente tem-se observado a redução nos custos de investimentos e as perspectivas indicam a manutenção deste cenário neste horizonte. No caso brasileiro, recentemente o país tem envidado esforços no sentido de promover a penetração destes sistemas de pequeno porte e acredita-se que os mesmos tenderão a apresentar um papel mais relevante no atendimento a pequenas cargas neste horizonte. Neste contexto e considerando a adoção do *net metering* no Brasil estima-se em aproximadamente 1,4 GWp de potência a ser instalada no horizonte decenal no país.

8 REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, 17 de maio de 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: janeiro de 2013.

_____. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST. Módulo 1. Resolução Normativa nº 517/2012. 14/12/2012a.

_____. ANEEL aprova regras para facilitar a geração de energia nas unidades consumidoras. Notícia de 17/04/2012, disponível no site: http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=5457&id_area=90. 2012b.

_____. Relação de Projetos de Eficiência Energética cadastrados na ANEEL (Última atualização: dezembro de 2012). Disponível no site: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=27>. Acesso em: janeiro de 2013.

ANTP. Relatório Geral de Mobilidade Urbana 2008. Associação Nacional de Transportes Públicos. Disponível em <http://portal1.antp.net/>, acesso em março de 2010.

BASTOS, F. Análise da política de banimento de lâmpada incandescentes do mercado brasileiro. COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.

CARDOSO, R.B. Estudo dos Impactos Energeticos dos Programas Brasileiros de Etiquetagem Energetica: Estudo de Caso em Refrigeradores de uma Porta, Condicionadores de Ar e Motores Eletricos. Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutor em Ciências em Engenharia Elétrica. Itajubá/MG. Setembro, 2012.

CEPAL - Comisión Económica para América Latina. Serie Recursos naturales e infraestructura nº 152. Eficacia institucional de los programas nacionales de eficiencia energetica: los casos de Brasil, Chile, México y el Uruguay. Santiago do Chile, Mayo 2011. CEPAL, 2011.

CENTRAN. Plano Nacional de Logística e Transportes - PNLT 2008-2023: Relatório Executivo. Centro de Excelência em Engenharia de Transportes, Ministério da Defesa, Exército Brasileiro, Departamento de Engenharia e Construção (DEC), Revisão 00, ABRILCNI - Confederação Nacional da Indústria. Eficiência Energética na Indústria (Boletim). Brasília: CNI, 2007.

CETSP (2011). Cresce número de carros que transportam uma só pessoa em SP. In: Folha de São Paulo, disponível em <http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/979119-cresce-numero-de-carros-que-transportam-uma-so-pessoa-em-sp.shtml>, acesso em outubro de 2011.

CGIEE. Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética. Sumário das Atividades Realizadas: Junho 2011 ~ Junho 2012. Brasília, DF. CGIEE, 2012.

CONPET. Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) & A Etiquetagem de Aparelhos Domésticos e a Gás Rio de Janeiro, Resultados dos Programas. Disponível no site: <http://www.conpet.gov.br>.

DFT. Average Car Occupancy: 1995/97 to 2008. Department for Transport, United Kingdom. 2010.

DUARTE, C. H., Goes, R. R. A., e Aguiar, J. C. Eficiência Energética e Consumo de Energia: Posse e Uso da Televisão no Brasil. II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética - IICBEE. Vitória/ES, Brasil. 2007.

EIA - Energy Information Administration. Residential Energy Consumption Survey [RECS]. Residential Consumption of Electricity by End Use, 2001. Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov/emeu/recs/recs2001/enduse2001/enduse2001.html>>. Acesso em: 27. out. 2009.

ELETROBRAS - Centrais Elétricas S.A. PROCEL. Resultados do PROCEL 2012, ano base 2011. Rio de Janeiro, RJ. 2012. Disponível em: www.procelinfo.com.br.

_____. Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil. Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso (ano base 2005). Classe Residencial - Relatório Brasil. Rio de Janeiro, RJ: julho/2007.

_____. Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil. Simulação de Potenciais de Eficiência Energética Para a classe residencial. Rio de Janeiro, RJ, 2009.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2030. Rio de Janeiro: EPE, 2007.

_____. Balanço Energético Nacional 2013, ano base 2012. Rio de Janeiro, RJ, 2013.

_____. Nota Técnica EPE: Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/geracao/Paginas/Notat%C3%A9cnicaAn%C3%A1liseDaInser%C3%A7%C3%A3oDaGera%C3%A7%C3%A3oSolarnaMatrizEl%C3%A9tricaBrasileira.aspx?CategoriaID=>. Rio de Janeiro, 2012a.

_____. Nota Técnica EPE: Projeções da Demanda de Energia Elétrica - 10 anos (2013-2022). Disponível em:

http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20130117_1.pdf. Rio de Janeiro, RJ, 2013.

EPRI - Electric Power Research Institute. Assessment of Achievable Potential from Energy Efficiency and Demand Response Programs in the U.S. (2010-2030) - Technical Report. Palo Alto, CA (Estados Unidos): EPRI, 2009.

HORDESKI, M. Dictionary of Energy Efficiency Technologies. Lilburn, GA (Estados Unidos): The Fairmont Press, 2005.

IAEA - International Atomic Energy Agency. Energy Indicators for Sustainable Development: Guidelines and Methodology. Vienna (Áustria): IAEA, 2005.

_____. Brazil: A Country Profile on Sustainable Energy Development. Viena: IAEA, 2006.

IEA - International Energy Agency. Developing Mechanisms for Promoting Demand-side Management and Energy Efficiency in Changing Electricity Businesses, Research Report No 3, Task VI of the International Energy Agency - IEA, Demand Side Management Programme, Final Version, August 2000. IEA, 2000.

_____. Mind the Gap: Quantifying Principal-Agent Problems in Energy Efficiency. Paris (França): IEA, 2007.

_____. Key World Energy Statistics 2012. Paris (França): IEA, 2012.

_____. *Energy Technology Perspectives 2012: Pathways to a Clean Energy System*, OECD Publishing, 2012.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Eficiência Energética - Programa Brasileiro de Etiquetagem. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/eficiencia.asp>> Acesso em abril. 2013.

LEE, J., Lukachko S., Waitz, I. e Schafer, A. Historical and Future Trends in Aircraft Performance, Cost, and Emissions, Annual Review of Energy and the Environment, Volume 26.2001

MARQUES, M., HADDAD, J. e MARTINS, A. Conservação de Energia: Eficiência energética de equipamentos e instalações. Itajubá: FUPAI, 2006.

MME/FDTE- Ministério de Minas e Energia / Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia. Balanço de Energia Útil 2005. Brasília: MME, 2005.

MME - Ministério das Minas e Energia. Estudo e propostas de utilização de geração fotovoltaica conectada à rede, em particular em edificações urbanas. Relatório do Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos, 2009.

MME - Ministério de Minas e Energia, 2010. Portaria Interministerial nº1.007, de 31 de Dezembro de 2010 - Regulamentação Específica que Define os Níveis Mínimos de Eficiência Energética de Lâmpadas Incandescentes. Diário Oficial da União nº4, 6 janeiro 2011, ISSN 1677-7042.2010.

MT - Ministério dos Transportes e MD - Ministério da Defesa. Plano Nacional de Logística e Transportes. Relatório Executivo. Abril de 2007. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/>>.

ODYSSEE. Energy Efficiency Indicators in Europe. Disponível em: <http://www.odyssee-indicators.org/>.2011.

PATTERSON, M. What is Energy Efficiency? - Concepts, Indicators and Methodological Issues. Energy Policy v. 24, n.5, p. 377-390, 1996.

SCHIPPER, L. *et al.* Indicators of Energy Use and Carbon Emissions: Explaining the Energy Economic Link. Annual Review of Energy and the Environment n. 26, p. 49-81, 2001.

TOLMASQUIM, M. *et al.* Tendências da Eficiência Elétrica no Brasil: Indicadores de eficiência energética. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, ENERGE, 1998.

WIGINTON, L.K. et al. (2010): Quantifying rooftop solar photovoltaic potential for regional renewable energy policy. In: [Computers, Environment and Urban Systems](#), [Volume 34, Edição 4](#), páginas 345-357.