

Cenários de Demanda para o PNE 2050

Dezembro de 2018

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



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE

MINISTRO DE ESTADO
WELLINGTON MOREIRA FRANCO

PRESIDENTE
REIVE BARROS DOS SANTOS

SECRETÁRIO EXECUTIVO
MÁRCIO FELIX CARVALHO BEZERRA

DIRETOR DE ESTUDOS ECONÔMICO-ENERGÉTICOS E AMBIENTAIS
THIAGO VASCONCELLOS BARRAL FERREIRA

SECRETÁRIO DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO
EDUARDO AZEVEDO RODRIGUES

DIRETOR DE ESTUDOS DE ENERGIA ELÉTRICA
AMILCAR GONÇALVES GUERREIRO

SECRETÁRIO DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E COMBUSTÍVEIS
JOÃO VICENTE DE CARVALHO VIEIRA

DIRETOR DE ESTUDOS DO PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS
JOSÉ MAURO FERREIRA COELHO

SECRETÁRIO DE ENERGIA ELÉTRICA
ILDO WILSON GRUDTNER

DIRETOR DE GESTÃO CORPORATIVA
ÁLVARO HENRIQUE MATIAS PEREIRA

SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL
VICENTE HUMBERTO LÔBO CRUZ

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE

ESPLANADA DOS MINISTÉRIOS
BLOCO U – 5º ANDAR
70065-900 – BRASÍLIA – DF
TEL.: (55 61) 3319 5299
FAX: (55 61) 3319 5067

WWW.MME.GOV.BR

ESCRITÓRIO CENTRAL

AV. RIO BRANCO, 01 – 11º ANDAR
20090-003 – RIO DE JANEIRO – RJ
TEL.: (55 21) 3512 3100
FAX : (55 21) 3512 3198

WWW.EPE.GOV.BR

Dezembro 2018

Participantes – MME

COORDENAÇÃO EXECUTIVA

UBIRATAN FRANCISCO CASTELLANO

EQUIPE TÉCNICA

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO – SPE

DIE - DEPARTAMENTO DE INFORMAÇÕES E ESTUDOS ENERGÉTICOS

DANIELE DE OLIVEIRA BANDEIRA

GILBERTO KWITKO RIBEIRO

JOÃO ANTÔNIO MOREIRA PATUSCO (CONSULTOR)

MÔNICA CAROLINE MANHÃES DOS SANTOS

THENARTT VASCONCELOS DE BARROS JUNIOR

DDE – DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO

CARLOS ALEXANDRE PRINCIPE PIRES

LIVIO TEIXEIRA DE ANDRADE FILHO

LUIS FERNANDO BADANHAN

MARIZA FREIRE DE SOUZA

SAMIRA SANA FERNANDES DE SOUSA CARMO

SÉRGIO FERREIRA CORTIZO

DPE – DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

ADRIANO JERONIMO DA SILVA

CÁSSIO GIULIANI CARVALHO

CHRISTIANY SALGADO FARIA

CONSULTORES

ALLAN PARENTE VASCONCELOS

CERES CAVALCANTI – CGEE

RICARDO GONÇALVES A. LIMA

EQUIPE DE APOIO

AZENAITE RUIVO ADVINCOLA RORIZ

MATHEUS DUTRA VILELA (ESTAGIÁRIO)

RENATA GONÇALVES VIEIRA (ESTAGIÁRIA)

SUELLEN DE ALMEIDA LOPES (ESTAGIÁRIA)

Participantes - EPE

COORDENAÇÃO EXECUTIVA

EMÍLIO HIROSHI MATSUMURA

THIAGO VASCONCELLOS BARRAL FERREIRA

COORDENAÇÃO TÉCNICA

GLAUCIO VINICIUS RAMALHO FARIA

JEFERSON BORGHETTI SOARES

EQUIPE TÉCNICA

ALEX YUJHI GOMES YUKIZAKI

ANA CRISTINA BRAGA MAIA

ARNALDO DOS SANTOS JUNIOR

FERNANDA MARQUES PEREIRA ANDREZA

FLÁVIO RAPOSO DE ALMEIDA

MARCELO HENRIQUE CAYRES LOUREIRO

NATÁLIA GONÇALVES DE MORAES

PATRÍCIA MESSER ROSENBLUM

THIAGO ANTÔNIO PASTORELLI RODRIGUES

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	9
2. METODOLOGIA	10
3. PREMISSAS E RESULTADOS	12
3.1. INTENSIDADE ENERGÉTICA	13
3.2. PARTICIPAÇÃO DAS FONTES	14
3.3. CONSUMO SETORIAL	15
a) Indústria	16
b) Energético	19
c) Residencial	21
d) Serviços	22
e) Agropecuário	24
f) Transportes	26
4. INCERTEZAS E DESAFIOS	31
5. REFERÊNCIAS	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma resumido da metodologia de projeção de demanda de energia	11
Figura 2 - Evolução do consumo final por cenário	12
Figura 3 - Evolução da elasticidade-renda da demanda de energia até 2050	13
Figura 4 - Intensidade energética x PIB per capita	14
Figura 5 - Participação das fontes no consumo final	15
Figura 6 - Evolução do consumo final por setores	16
Figura 7 - Decomposição do consumo industrial no cenário inferior	17
Figura 8 - Decomposição do consumo industrial no cenário superior	17
Figura 9 - Participação das fontes consumo final industrial	19
Figura 10 - Evolução do consumo final e intensidade do setor energético	20
Figura 11 - Evolução do consumo final de energia do setor residencial por fonte	21
Figura 12 - Evolução do consumo final do setor de serviços por fonte	23
Figura 13 - Evolução do consumo final de energia, intensidade energética e elétrica associados aos cenários superior e inferior	26
Figura 14 - Evolução do consumo final de energia no setor de transportes	28
Figura 15 - Alternativas de atendimento à demanda de energia elétrica.	33

SIGLAS

EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PIB	Produto Interno Bruto
PNE	Plano Nacional de Energia
PNLT	Plano Nacional de Logística e Transporte
VA	Valor Adicionado

1. Introdução

Os estudos de demanda do Plano Nacional de Energia (PNE 2050) têm como foco apresentar cenários de evolução do consumo de energia que vislumbrem o horizonte de longo prazo, com o intuito de antecipar as possíveis inovações e eventos que possam produzir mudanças significativas na sociedade e no seu relacionamento com a energia.

Tais análises servem para antecipar tendências que geram oportunidades e trazem ameaças, com a finalidade de delinear ações, programas e políticas baseados em uma estratégia fundamentada em relação às fontes existentes (eletricidade, gás natural, derivados de petróleo, biocombustíveis e demais) e aos recursos energéticos distribuídos, e considerando as hipóteses demográficas e de natureza tecnológica e econômica, padrões de consumo de bens e de energia.

Este relatório descreve as condições de contorno e as estimativas de demanda de energia que se estruturam em duas trajetórias para o setor de energia. No contexto de um crescimento econômico mais modesto, o cenário inferior apresenta taxa média do PIB nacional de 1,6% a.a. ao longo do horizonte do estudo, enquanto a de maior crescimento apresenta taxa média de 3,0% a.a.. Neste último caso, o cenário superior caracteriza-se pelo atendimento de elevada demanda por energia e, assim, enfrenta o maior desafio do planejamento energético.

Diante da quantificação e da análise dos resultados de estudos de longo prazo, será possível ao setor energético brasileiro planejar seu posicionamento de forma estratégica, subsidiando as melhores estratégias para enfrentar as barreiras e explorar oportunidades que se apresentarão ao longo das próximas décadas.

2. Metodologia

Em termos do consumo de energia, as projeções da EPE são construídas a partir das premissas adotadas em modelos específicos para cada setor. Em consonância com os principais atores relativos ao consumo de energia, as premissas mais adequadas ao horizonte resultam das discussões sobre os principais condicionantes e as incertezas críticas que visam identificar aspectos tecnológicos e obter informações adicionais dos estudos existentes em relação ao uso final da energia na indústria, na agropecuária, nas edificações, nos serviços e nos transportes, assim como o atendimento ao consumo de energia elétrica e de combustíveis.

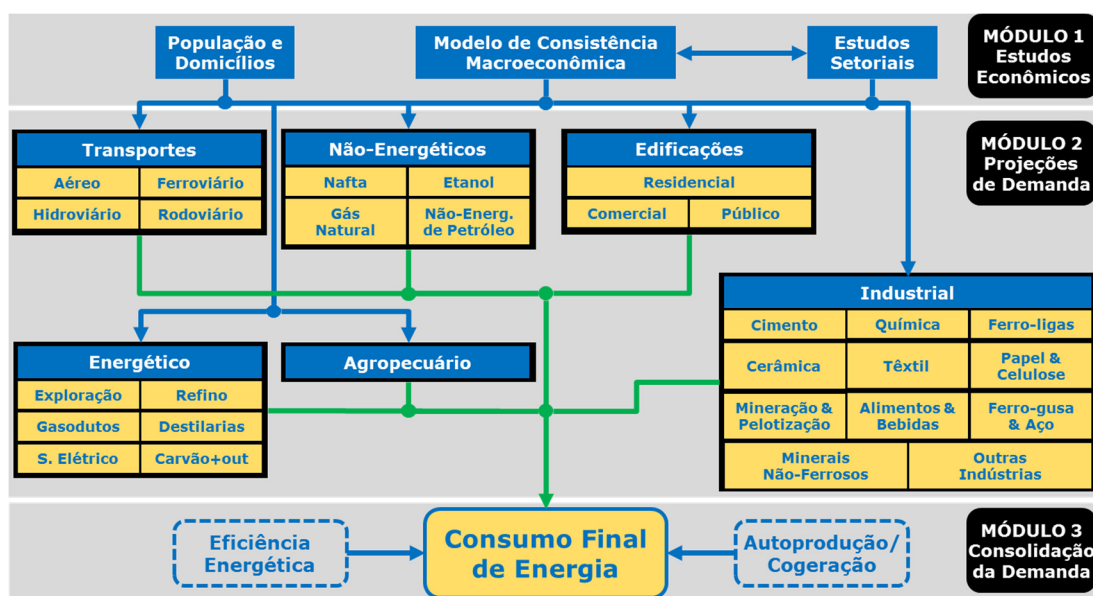
O planejamento de longo prazo do setor energético tem papel fundamental na avaliação das tendências no uso da energia, observada a estratégia energética nacional incluindo quesitos básicos como segurança energética, sustentabilidade ambiental, modicidade de preços e tarifas, universalização do acesso da população aos serviços energéticos, geração de emprego e renda e redução das desigualdades regionais.

Ao longo da elaboração deste estudo foram realizadas algumas reuniões com outras instituições a fim de receber contribuições para a elaboração do cenário de demanda de energia. No primeiro semestre deste ano, por exemplo, foram promovidos dois *workshops*, ambos focados em políticas públicas. O terceiro evento, por sua vez, abordou a questão dos grandes consumidores de energia. O quarto *workshop*, focado em cenários tecnológicos, foi realizado em setembro de 2018. Nesses encontros foram validadas as premissas adotadas nos cenários com os principais agentes e a sociedade.

A cenarização da demanda energética tem como principal objetivo uma avaliação estratégica para o planejamento a partir de possíveis caminhos com suas respectivas consistências internas e incertezas atreladas. Para permitir o tratamento de parâmetros específicos de cada setor e das incertezas mencionadas, a metodologia utiliza modelagem específica para cada setor da economia. Nesse contexto, a estimativa da demanda setorial empregada na metodologia do PNE 2050 é similar àquela adotada nos planos decenais de energia.

As análises realizadas geram resultados por fonte de energia que são agregados para compor a demanda de energia, incluindo uso energético e não energético. A visão geral da metodologia compreende a validação de premissas qualitativas associadas aos diversos modelos, os quais representam os subsegmentos consumidores, que quantificam o consumo final de energia, conforme fluxograma abaixo:

Figura 1 – Fluxograma resumido da metodologia de projeção de demanda de energia



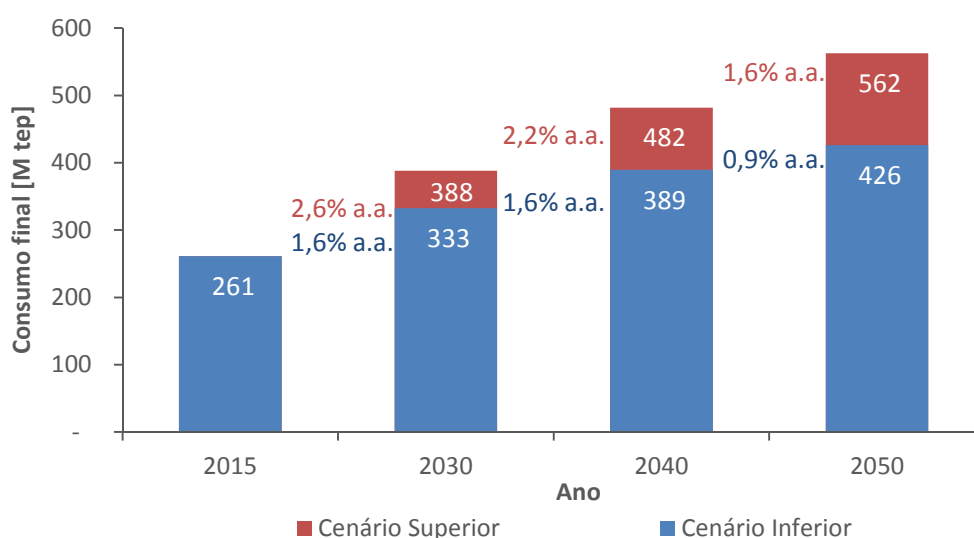
Fonte: Elaboração EPE.

Nota-se que, na Figura 1, a estimativa da demanda de energia tem os cenários econômicos de longo prazo como um de seus principais insumos de informação. A partir da elaboração de cenários setoriais das atividades agropecuária, serviços e indústria, além das demandas de infraestrutura e mobilidade, os modelos setoriais específicos permitem estimar a evolução da demanda por fonte e por setor, em nível nacional. As perspectivas de autoprodução de eletricidade e energia nestes setores de consumo (geração distribuída e biogás, por exemplo) também são parte importante do processo, que apontará os requisitos de demanda de energia que o sistema energético brasileiro deverá atender no longo prazo.

3. Premissas e resultados

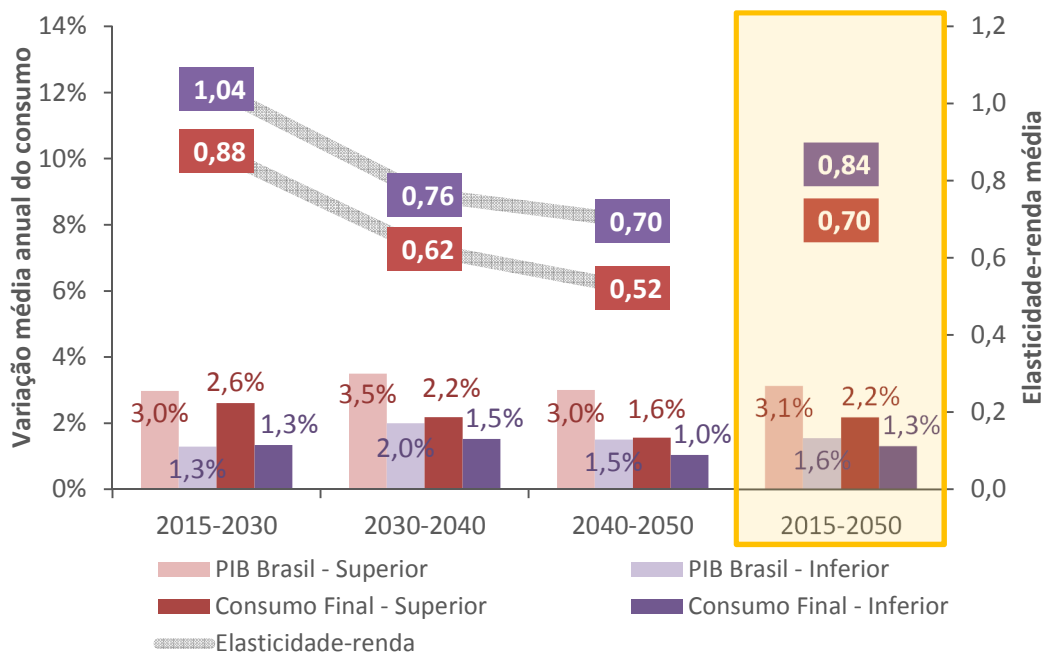
Quando se trata da demanda brasileira por energia final, no período 2015-2050, o cenário de crescimento inferior apresenta taxa de crescimento médio de 1,4% a.a. Já na trajetória superior, o crescimento médio é de 2,2% a.a., chegando em 2050 com o dobro do consumo final do ano base (Figura 2), com destaque para o avanço mais acelerado nos primeiros quinze anos, com taxa média superior a 2,5% a.a.

Figura 2 - Evolução do consumo final por cenário



Fonte: Elaboração EPE.

Analisando os indicadores agregados relacionados à demanda de energia, os resultados obtidos levam a uma trajetória decrescente da elasticidade-renda da demanda de energia ao longo do tempo, em ambos os cenários (Figura 3). No cenário inferior, no período de quinze anos se observa o pico máximo para este indicador, pois é nesse período que se concentra parte significativa de expansões de atividade industrial, de produção de petróleo e de gás natural. Após esse período, começam a ser observados, de forma mais acelerada, os efeitos de investimentos e políticas que permitem aumentar a eficiência energética da economia, onde se podem citar investimentos em infraestrutura logística, políticas de eficiência energética e penetração de novas tecnologias automotivas.

Figura 3 – Evolução da elasticidade-renda da demanda de energia até 2050

Fonte: Elaboração EPE.

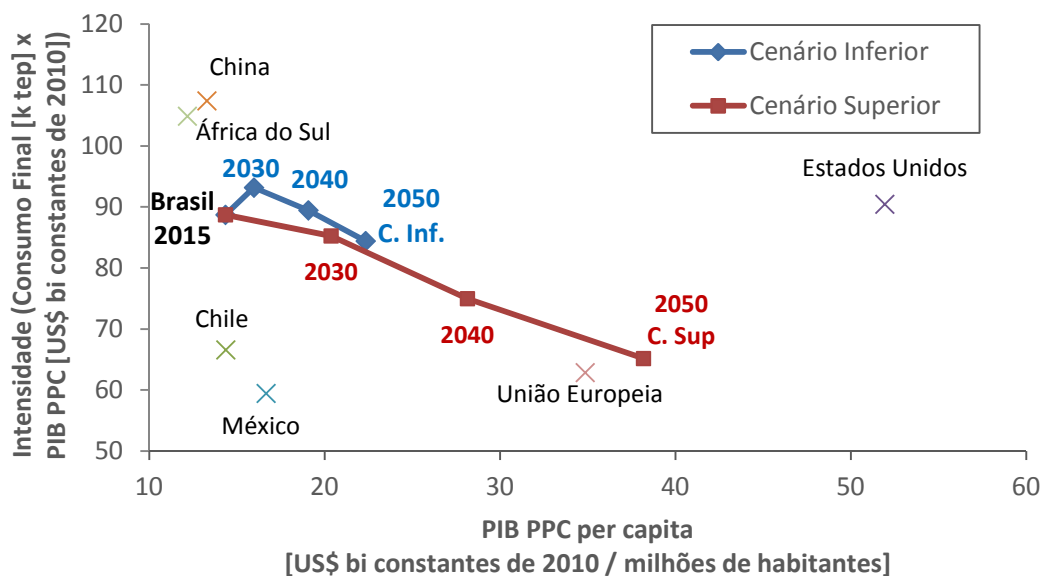
3.1. Intensidade energética

Na Figura 4 observa-se o *Sendero*¹ energético do Brasil do período projetado, compreendido entre 2015 e 2050. No primeiro intervalo analisado, entre 2015 e 2030, nota-se que o sentido das curvas é oposto. No cenário inferior, há incremento da intensidade energética e uma tímida expansão do PIB per capita. Já no cenário superior, este período coincide com uma ampla recuperação econômica, com elevada taxa de crescimento e mostra uma tendência de consumo energético mais eficiente. Nos períodos entre 2030 e 2050, ambos os cenários apresentam aumento do PIB per capita e redução da intensidade, que é a direção desejável para os países. A diferença entre os cenários está no ritmo em que as mudanças acontecem, sendo mais tímido no

¹ O *Sendero Energético* é uma representação gráfica que busca resumir o vínculo entre a evolução dos níveis de desenvolvimento de um país ou sub-região, expressa de maneira muito simplificada pelo PIB per capita, e a qualidade de seu desempenho energético, representada pelas mudanças na intensidade energética (OLADE, 2017).

cenário inferior e mais acelerado no cenário superior, no qual o Brasil em 2050 apresenta parâmetros similares aos da União Europeia hoje.

Figura 4 – Intensidade energética x PIB per capita

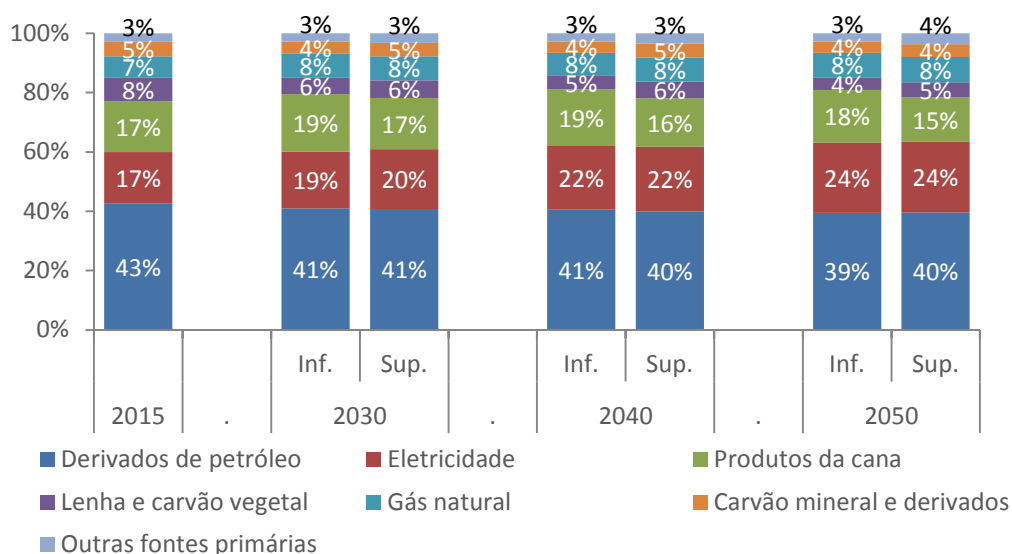


*PPC: paridade de poder de compra.

Fonte: Elaboração EPE.

3.2. Participação das fontes

Os derivados de petróleo são a principal fonte de energia para consumo final, seguidos da eletricidade e dos produtos da cana (bagaço de cana e etanol). Isso se mantém nos dois cenários até 2050. Entretanto, em ambos os cenários há uma redução da participação dos derivados de petróleo, alavancada pelo setor de transportes, e um aumento da participação da eletricidade (Figura 5), puxada por todos os setores, mas principalmente pelo residencial.

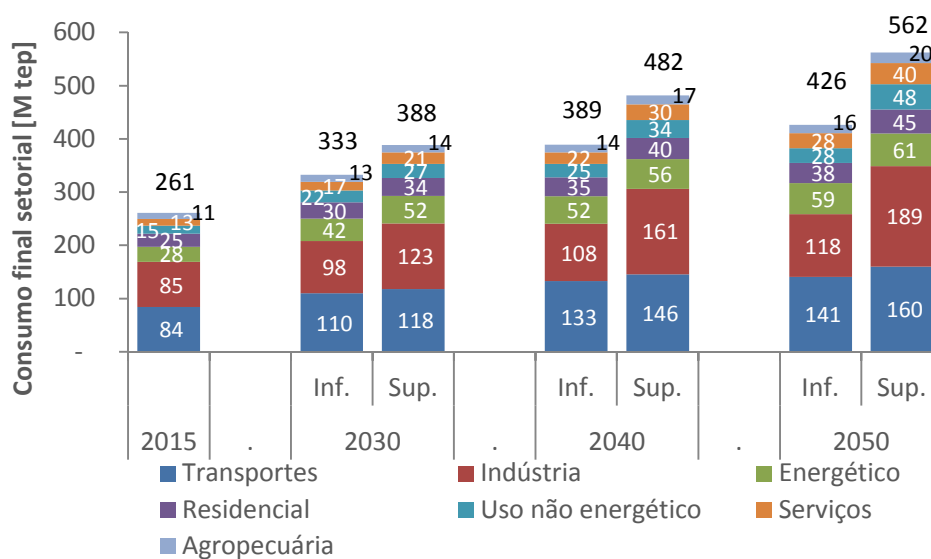
Figura 5 – Participação das fontes no consumo final

Fonte: Elaboração EPE.

Na sequência, são apresentados os resultados de demanda de energia por setor, onde as premissas adotadas ficam mais claras, bem como os indicadores resultantes desses estudos.

3.3. Consumo setorial

Em ambos os cenários, a indústria e os transportes são os setores responsáveis pela maior parcela do consumo final de energia, seguidos do setor energético (Figura 6). No cenário inferior, o setor de transportes ganha pequena participação, de 32% para 33% do consumo, e a indústria reduz sua participação de 33% para 28% do consumo. Já no cenário superior a indústria ganha pequena participação no consumo, atingindo 34%, e os transportes perdem participação, chegando a 28% do consumo.

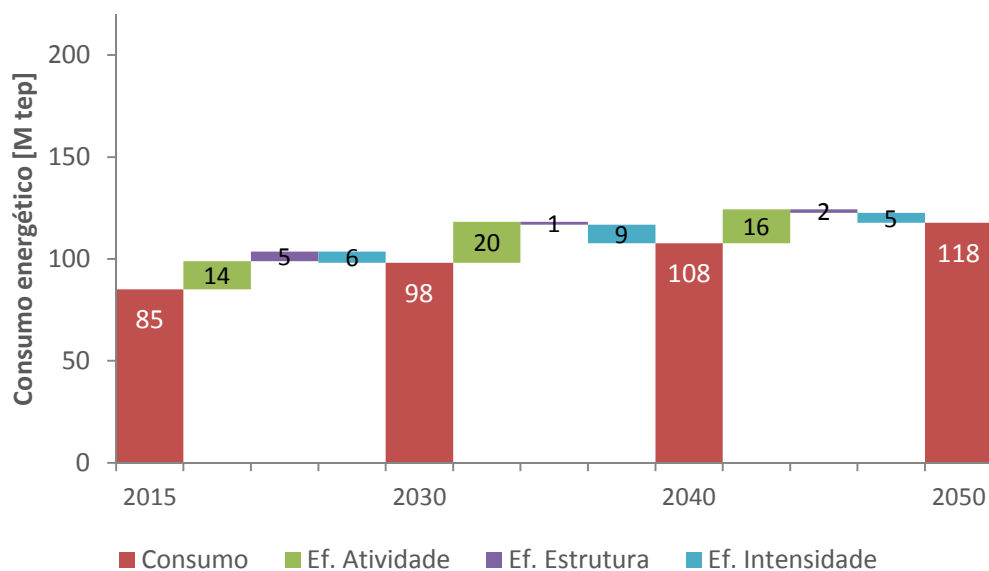
Figura 6 - Evolução do consumo final por setores

Fonte: Elaboração EPE.

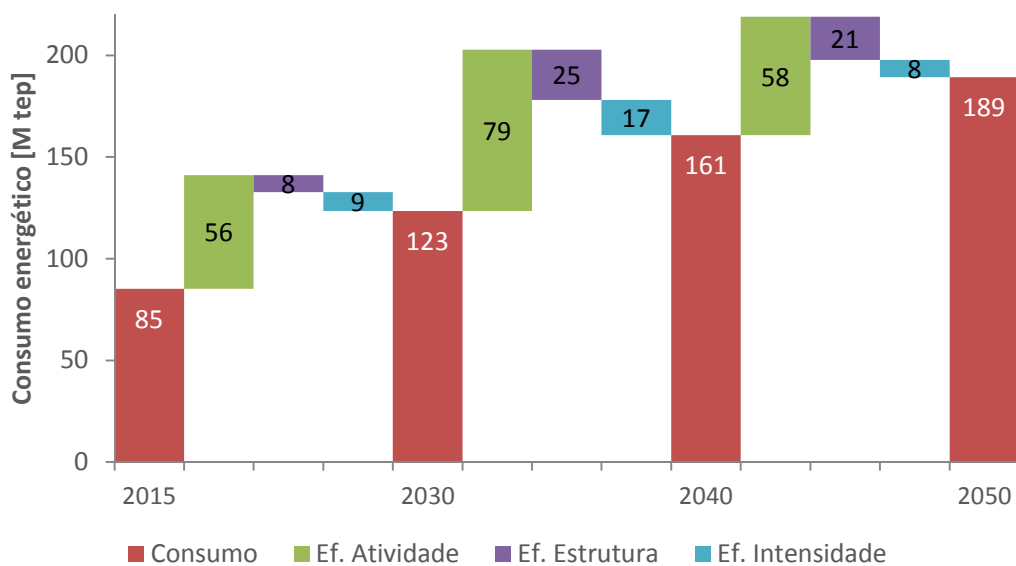
a) Indústria

Nas próximas três décadas, no que tange à indústria, há incertezas relacionadas ao perfil de expansão da atividade industrial brasileira e às alternativas tecnológicas que podem se inserir neste processo ao longo do tempo. O consumo de energia na indústria parte de 85 Mtep em 2015 e alcança nos cenários inferior e superior, respectivamente, 118 Mtep (média de 0,9% a.a.) e 189 Mtep (média de 2,2% a.a.) em 2050.

As figuras abaixo apresentam a decomposição do consumo industrial nos efeitos atividade (relacionado ao valor adicionado da indústria), estrutura (relacionado à participação de segmentos mais ou menos energointensivos) e intensidade (relacionado a eficiência energética).

Figura 7 – Decomposição do consumo industrial no cenário inferior

Fonte: Elaboração EPE.

Figura 8 – Decomposição do consumo industrial no cenário superior

Fonte: Elaboração EPE.

Em ambos os cenários, o crescimento do consumo é puxado principalmente pelo crescimento da atividade, que foi maior no período entre 2030 e 2040 (em média). O crescimento médio anual do valor adicionado industrial é de 1,2% no cenário inferior e 3,1% no cenário superior.

Sob o ponto de vista da estrutura da indústria brasileira, o cenário superior apresenta mudanças mais representativas, reduzindo a demanda potencial e compensando parte do efeito atividade. No cenário inferior há aumento da participação de indústrias energointensivas como papel e celulose, alimentos e bebidas e mineração e pelotização. Por outro lado, no cenário superior há aumento da participação da indústria cerâmica, mineração e pelotização, química e alimentos e bebidas.

As “outras indústrias”² têm grande participação no valor agregado (61% em 2015) e pequena no consumo (9% em 2015), por possuírem baixa intensidade energética - estas reduziram sua participação em ambos os cenários (média de 0,1% a.a. no cenário inferior e 0,4% a.a. no cenário superior). Também se destaca que alguns segmentos que com maior agregação de valor deverão apresentar crescimento em nichos específicos.

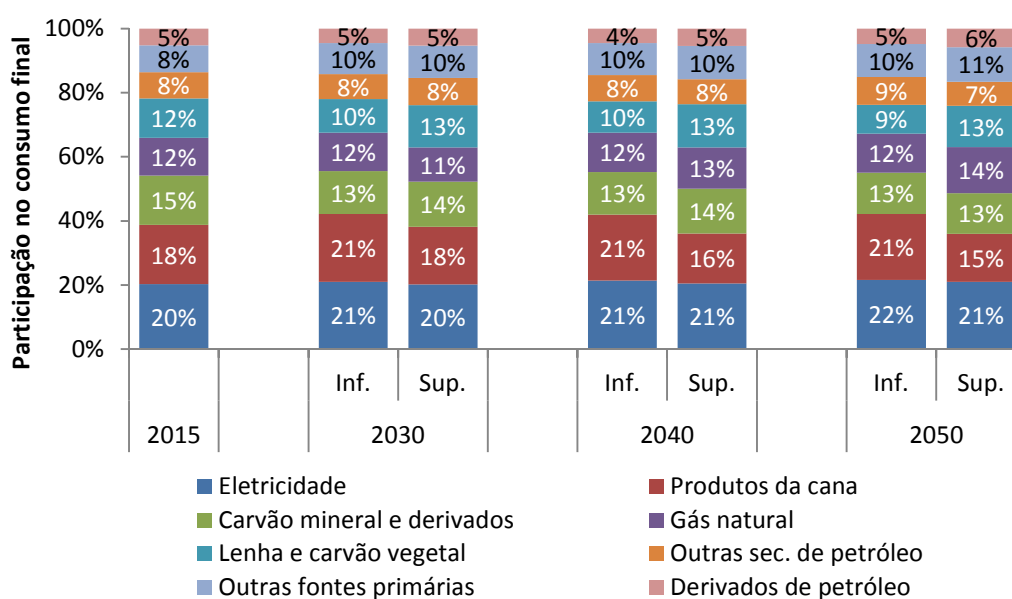
O cenário superior é fortemente influenciado por fatores tais como: a expansão vigorosa da infraestrutura e a conseqüente demanda de produtos associados a esse esforço, a competitividade florestal e mineral brasileira, além da expansão da produção de fertilizantes para atendimento à expansão do agronegócio brasileiro.

Por fim, o efeito intensidade também contribuiu para compensar parte do efeito atividade, sendo mais expressivo no cenário superior. Os ganhos de eficiência são obtidos através de substituição de equipamentos, novas tecnologias, gestão de energia e políticas públicas, conforme explicitado na Nota de Recursos Energéticos Distribuídos 2050 (EPE, 2018).

² Terminologia utilizada no Balanço Energético Nacional.

Como resultado das mudanças no perfil na indústria e disponibilidade de gás natural, há mudanças na participação das fontes (Figura 9), com uma leve tendência de eletrificação e redução da importância do consumo de carvão mineral e derivados. A participação de produtos da cana, relacionada à indústria de açúcar, cresce no cenário inferior e reduz no cenário superior. Já a participação do gás natural se mantém no cenário inferior e cresce no cenário superior.

Figura 9 – Participação das fontes consumo final industrial



Fonte: Elaboração EPE.

b) Energético

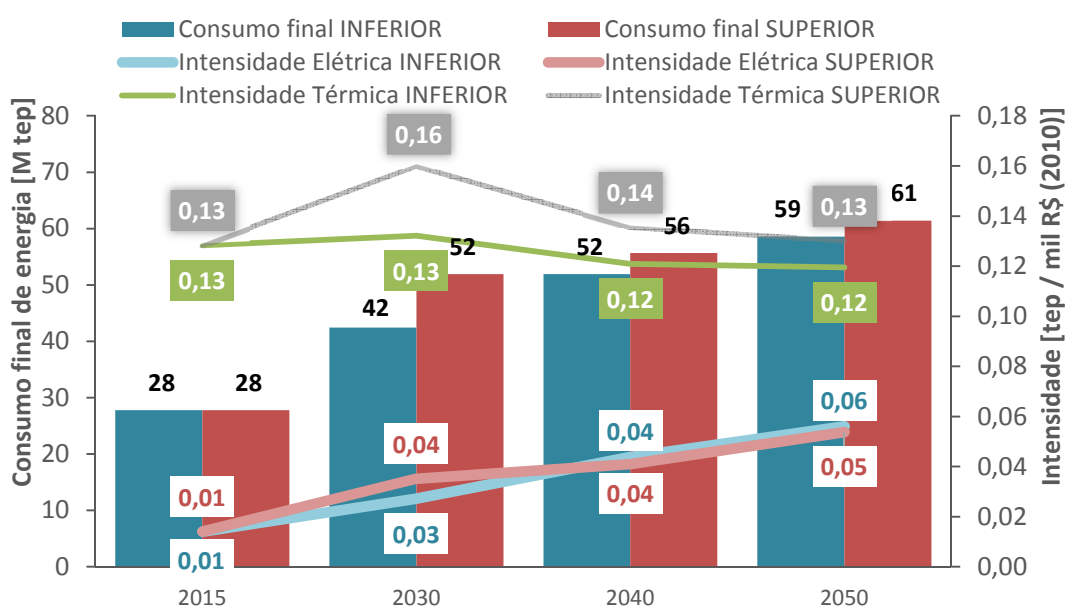
O setor energético totaliza o consumo de energia em centros de transformação, em processos de extração, na transferência³ e no transporte de produtos energéticos. A participação do setor energético em relação ao consumo final total do Brasil subiu para 10,6% em 2015, denotando uma posição de terceiro maior setor consumidor de energia no país, atrás somente do setor industrial e do setor de transportes.

³ Movimentação interna da produção. Exemplo: navios aliviadores.

As principais fontes que compõem o consumo final de energia deste setor são o bagaço de cana, para a produção de etanol; a eletricidade, advinda (em sua maior parcela) da autoprodução dos segmentos de petróleo e sucroalcooleiro; o gás natural, o coque de FCC e o gás de refinaria, consumidos para a produção de petróleo e derivados.

A Figura 10 mostra a evolução do consumo final do setor energético. No cenário inferior, o consumo cresce, em média, 2,2% ao ano, atingindo 59 milhões de tep, em 2050, enquanto no cenário superior, cresce 2,3% ao ano, chegando a 61 milhões de tep no mesmo horizonte. Observa-se, em ambos os cenários, o aumento da intensidade elétrica, que se justifica, em grande parcela, pela expansão do setor elétrico e do setor sucroalcooleiro, em função das projeções de aumento da carga de eletricidade e da demanda de etanol, respectivamente.

Figura 10 - Evolução do consumo final e intensidade do setor energético

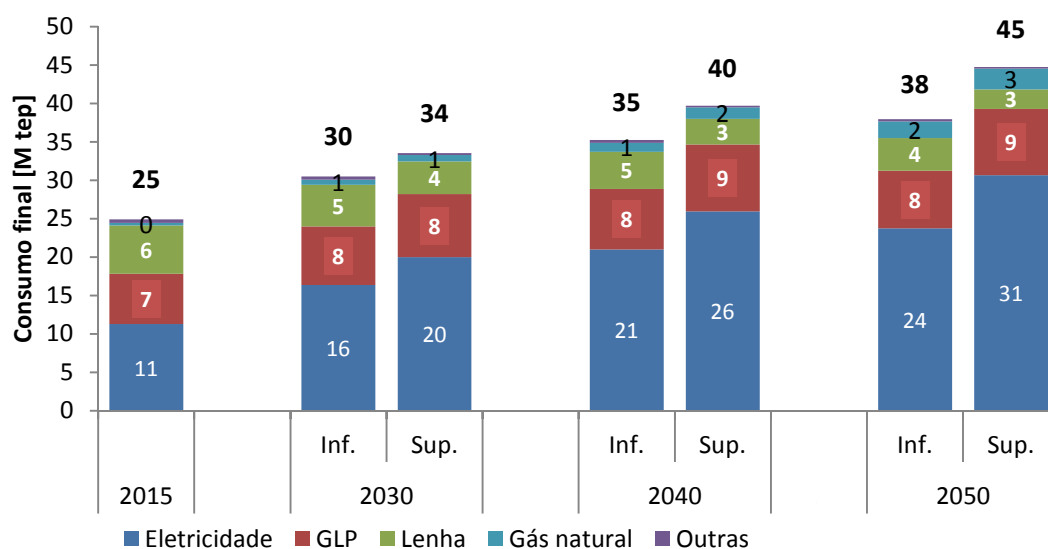


Fonte: Elaboração EPE.

c) Residencial

Após períodos de baixo crescimento econômico que caracterizaram as últimas décadas do século passado, a estabilidade econômica e a elevação da renda média das famílias nos anos 2000 criaram condições para atender parte da demanda reprimida por energia nos domicílios brasileiros (EPE, 2017). No horizonte deste plano, em maior ou menor grau, espera-se que esse contexto permaneça em ambos os cenários. Assim, no setor residencial, é estimado que o consumo final de energia cresça 1,2% e 1,7% ao ano nos cenários inferior e superior, respectivamente, entre 2015 e 2050. As principais fontes de energia utilizadas no setor são: eletricidade, GLP, gás natural e lenha, conforme indica a figura abaixo.

Figura 11 – Evolução do consumo final de energia do setor residencial por fonte



Fonte: Elaboração EPE.

A eletricidade é a fonte de energia predominante nos domicílios no horizonte deste plano. O estoque de eletrodomésticos em poder das famílias crescerá nos dois cenários. Com o maior crescimento da renda das famílias, caracterizado pelo cenário superior, espera-se o aumento da venda de eletrodomésticos, principalmente de condicionadores de ar e máquinas de lavar roupas, que apresentam elevado potencial de penetração. Assim, o aumento da posse média de equipamentos, decorrente da elevação da renda das famílias e do número de novos

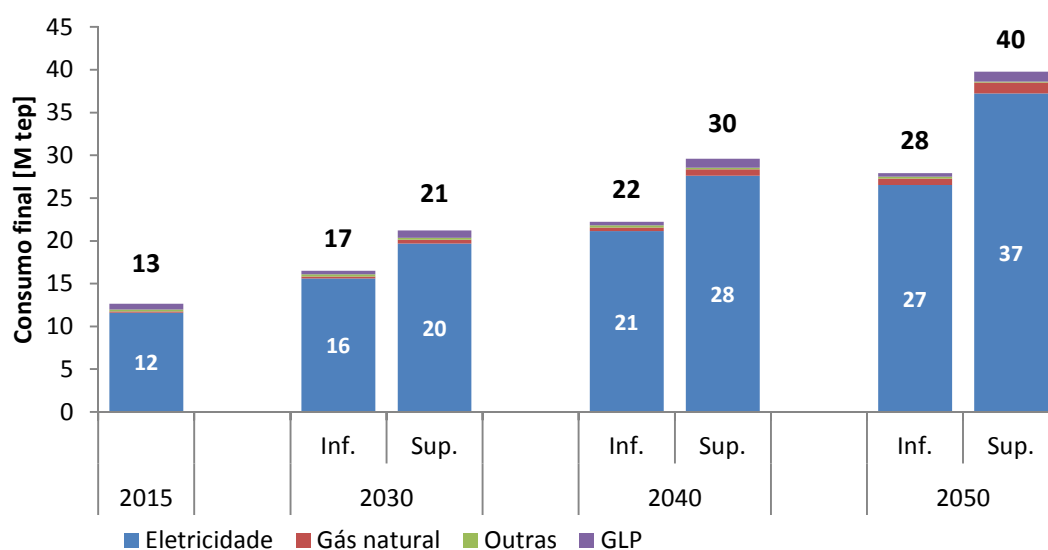
domicílios, contribuirá positivamente para o aumento do consumo de eletricidade nas residências nas próximas décadas. Cabe destacar que mecanismos de eficiência energética – como índices mínimos (ou consumo máximo), etiquetas comparativas e etiquetas de endosso – induzirão à oferta e aquisição de equipamentos energeticamente mais eficientes e, conseqüentemente, à redução do consumo médio de eletricidade do estoque de equipamentos do setor.

Entre as demais fontes de energia utilizadas nas residências, destinadas, predominantemente, para cocção de alimentos e aquecimento de água, destaca-se o crescimento, em termos absolutos, da demanda por GLP e gás natural, especialmente no cenário superior. A demanda por GLP poderá crescer em função, sobretudo, da substituição parcial do uso de lenha, resultado conjunto do aumento da renda e do maior acesso a combustíveis modernos, mais eficientes e limpos nas áreas rurais.

Por outro lado, ainda que partindo de uma base pequena de consumidores, o gás natural deslocará parte do consumo de GLP à medida que ocorre a expansão da sua rede de distribuição nas áreas urbanas. Finalmente, com relação ao aquecimento de água, além da expansão do uso de gás natural, espera-se um crescimento da utilização de sistemas de aquecimento solar (SAS) em substituição aos chuveiros elétricos nas residências, consequência do desenvolvimento de um mercado autônomo e da utilização do sistema em habitações de interesse social, mais expressivo no cenário superior.

d) Serviços

O setor de serviços, que inclui também os edifícios comerciais e públicos, é o setor que apresentou maior aumento do consumo final de energia nas últimas duas décadas (EPE, 2017). No setor de serviços, espera-se que o consumo de energia cresça 2,3% e 3,3% ao ano entre 2015 e 2050 no cenário inferior e superior respectivamente. Em ambos os cenários, as principais fontes de energia utilizadas no setor são a eletricidade, o GLP e o gás natural.

Figura 12 – Evolução do consumo final do setor de serviços por fonte

Fonte: Elaboração EPE.

Apesar da heterogeneidade característica do setor, atualmente, os segmentos de comércio varejista e atacadista, alimentação e hipermercados são os mais representativos, além de serem os segmentos que registram os maiores crescimentos de consumo de energia (EPE, 2017). No cenário inferior, espera-se a permanência do predomínio dessas atividades tradicionais de serviços, caracterizadas pela baixa produtividade, baixos salários médios, baixo conteúdo tecnológico e baixa inovação.

Por outro lado, no cenário superior, sugere-se a expansão dos segmentos com alto valor agregado, como aqueles relacionados à tecnologia da informação, além da redução dos custos associados aos serviços de armazenagem, possibilitados pelos investimentos em infraestrutura e maior nível educacional da população. Assim, no cenário superior, o consumo de energia cresce de forma mais forte em função do aumento da participação de segmentos com uso mais intensivo de energia, principalmente, da eletricidade.

Em termos gerais, o consumo de energia do setor de serviços é caracterizado pelo crescimento da população, aumento da renda das famílias e expansão da área construída,

associada ao crescimento do número de estabelecimentos. A eletricidade é a fonte de energia predominante, que se mantém no horizonte de análise deste plano, em ambos os cenários. Isso ocorre devido ao aumento do uso da eletricidade para iluminação, refrigeração e força motriz, em maior grau no cenário superior, como indicado anteriormente. Por outro lado, como no caso do setor residencial, espera-se que a implementação de mecanismos de eficiência energética, como índices mínimos (ou consumo máximo), etiquetas comparativas e etiquetas de endosso, sejam ampliados no setor de serviços e induzam a redução do consumo médio de eletricidade do estoque de aparelhos e equipamentos nos estabelecimentos.

Apesar de serviços energéticos como calor de processo e aquecimento direto também utilizarem eletricidade, o uso predominante é de combustíveis. Mantendo o processo de transição energética observado nas últimas décadas, fontes como as biomassas tradicionais (lenha e carvão vegetal), o óleo diesel e o óleo combustível são substituídos pelo consumo de gás natural, GLP e eletricidade em ambos cenários, contudo, de forma mais intensiva no cenário superior.

e) Agropecuário

No Brasil, a agropecuária é um dos setores que apresenta menor participação no consumo final de energia, superando somente os segmentos comercial e público (EPE, 2016). No entanto, o consumo final do setor apresenta uma taxa média anual de crescimento superior à do PIB ao longo de todo o horizonte de estudo nos dois cenários.

De 2015 a 2030, houve incremento no consumo de energia de 1,6 milhões de tep no cenário mais modesto e de 2,5 no superior. Tais acréscimos, neste primeiro período, refletem a tendência média de cada cenário com aumentos respectivos de 1,3 e 2,7 milhões de tep entre 2030 e 2040, e de 1,2 e 3,3 Mtep até 2050, nas trajetórias inferior e superior. Apesar destes aumentos em termos absolutos, as participações relativas do setor agropecuário nos consumos finais se mantêm ao longo de todo o horizonte, em torno de 4%, nos dois cenários.

A demanda de energia no setor agropecuário é basicamente restrita ao óleo diesel, a eletricidade e à lenha. Outros energéticos (por exemplo, GLP, carvão vegetal, óleo combustível e etanol⁴) têm participação inexpressiva e pouco se ampliam ao longo do horizonte.

Os sistemas de condicionamento ambiental para melhorar a produtividade animal⁵ e agrícola⁶, assim como a crescente participação brasileira no comércio internacional de gado vivo, sendo um dos grandes players, podem afetar a demanda de energia do setor. Notadamente, os incrementos de área plantada na cultura de grãos, a mecanização das lavouras e os sistemas intensivos de produção animal e vegetal (energointensivos) geram acréscimos no maquinário agrícola e no volume consumido de diesel⁷. Já a demanda por lenha ainda se deve basicamente a sistemas de secagem de grãos e para aquecimento, enquanto a eletricidade é fundamental nos sistemas de irrigação e refrigeração, respectivamente, na agricultura e na pecuária.

Neste contexto, a Figura 13 mostra a evolução da intensidade energética e elétrica em ambos cenários analisados. Essa relação, entre o consumo de energia total e o valor adicionado, tem uma evolução decrescente de 2015 a 2050, isto é, a intensidade energética agropecuária parte em média 0,15 tep/10³ R\$, reduzindo-se para cerca de 0,08 tep/10³ R\$. Observa-se que em oposição às curvas energéticas, as intensidades elétricas dos cenários entre 2015 e 2050 apresentam redução com amplitude relativamente pequena com variação de 0,031 a 0,024 tep/10³ R\$.

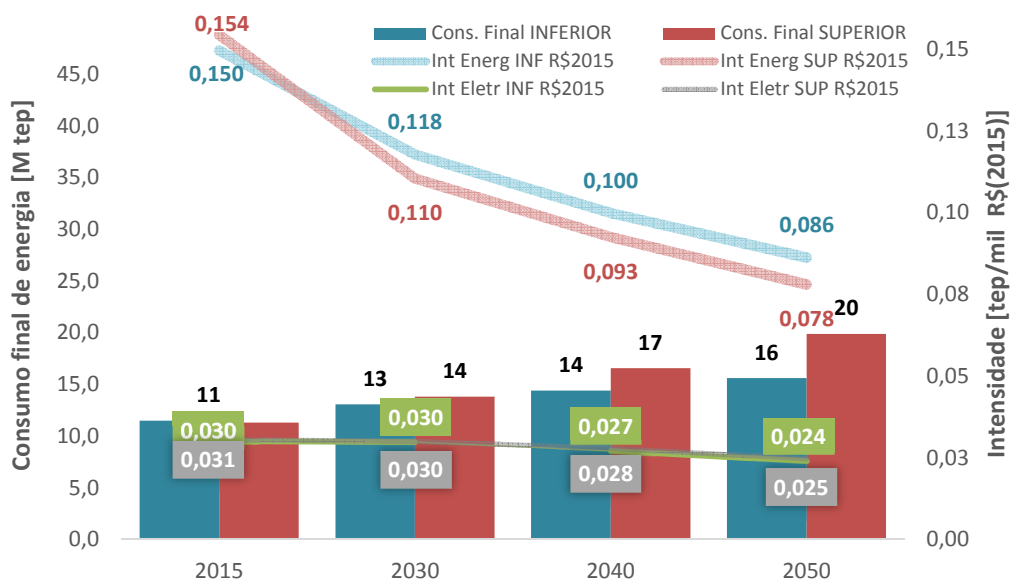
⁴ Tem uso restrito, atrelado ao consumo como combustível de aviões de pequeno porte para aplicação de defensivos agrícolas.

⁵ Refere-se ao ritmo de crescimento animal em regime de confinamento (comumente encontrado na suinocultura e na avicultura).

⁶ Neste caso, trata-se das principais culturas (soja, milho, algodão, cana-de-açúcar, café e laranja) que responderam nos últimos anos por cerca de 80% da área plantada do país (IBGE, 2018).

⁷ Tal nível de consumo é estabelecido de acordo com a área ocupada por rebanhos de acordo com o tipo de sistema produtivo (extensivo, semi-intensivo e intensivo) e com a quantidade produzida anualmente em escala de produção de carcaça. Em sistemas mais intensificados, há maior consumo de óleo diesel.

Figura 13 – Evolução do consumo final de energia, intensidade energética e elétrica associados aos cenários superior e inferior



Fonte: Elaboração EPE.

f) Transportes

Atualmente o setor de transportes brasileiro é o segundo maior consumidor de energia no Brasil (32,5%), atrás apenas do setor industrial (32,9%) (EPE, 2015). Nos últimos anos, a demanda de energia neste setor tem crescido consistentemente, com grande contribuição do transporte rodoviário, seja ele para carga ou passageiros.

Além de sua relevância no consumo energético e dos diversos impactos ambientais associados, o setor de transporte é estratégico, dada a sua relevância e abrangência econômica e social, que engloba aspectos como a mobilidade de pessoas, o escoamento da produção agrícola, a logística de exploração do Pré-sal, o abastecimento de insumos para indústria etc.

O consumo energético do setor transportes é influenciado por diversos fatores, como o PIB per capita, a disponibilidade e a ampliação de infraestrutura logística, as políticas ambientais, o comportamento e preferências das pessoas, uma maior conectividade e novas tecnologias.

Por conseguinte, a trajetória de crescimento do PIB afeta significativamente a demanda por atividade de transporte, tanto de carga, quanto de passageiros. No entanto, além de afetar a demanda total, uma trajetória menor de PIB, por exemplo, afeta também a viabilidade de projetos de infraestrutura. Um menor investimento em infraestrutura altera a composição dos modos de transporte, já que modos menos energo-intensivos esbarram em gargalos, afetando a evolução da demanda energética total do setor.

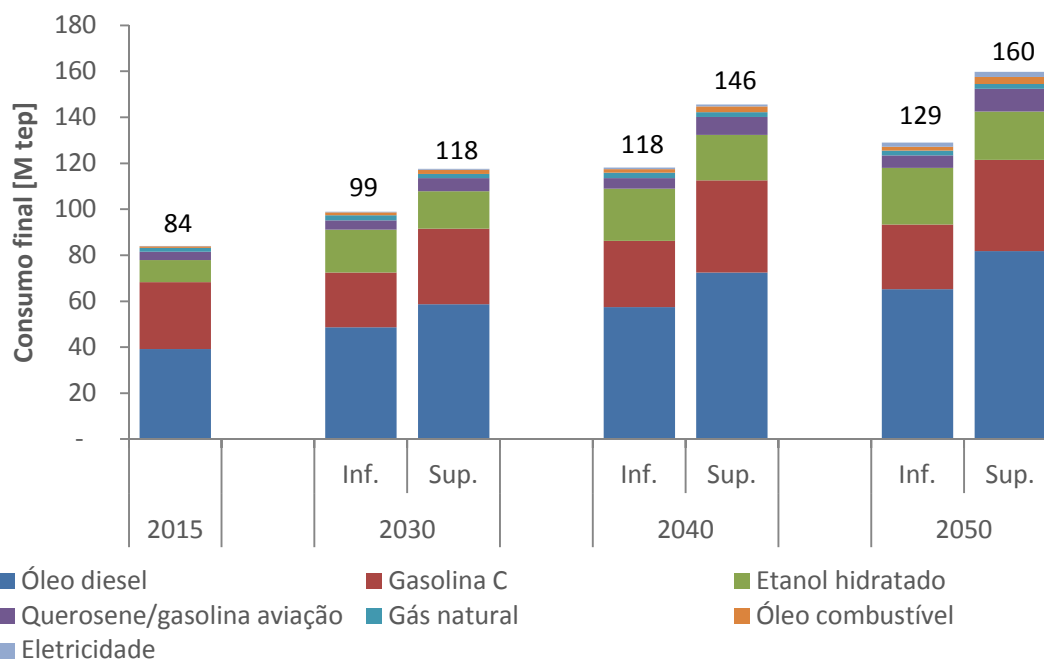
O setor de transportes apresentará importantes transformações no horizonte de 2050, influenciado em grande parte, pela evolução de variáveis socioeconômicas neste período. No caso do transporte de passageiros, o aumento da população urbana, que terá acréscimo de cerca de 25 milhões de pessoas em 2050, aliado ao aumento da renda per capita e ao elevado potencial de crescimento do mercado consumidor repercutirá em nova demanda por mobilidade e no perfil da distribuição modal ao longo do período de estudo.

Enquanto o aumento da densidade populacional nos centros urbanos favorece a economicidade dos meios de transportes de massa, como o ônibus e o metrô, o aumento do poder aquisitivo da população estimula a aquisição de bens duráveis, como o automóvel. Por outro lado, o desenvolvimento do planejamento urbano, bem como a crescente preocupação com a sustentabilidade das cidades, trazem novos incentivos para o uso de transportes não motorizados, como a bicicleta. Assim, dentre os fatores que influenciam o consumo de energia no transporte de passageiros, o planejamento da mobilidade urbana e a penetração de novas tecnologias terão papel crucial no horizonte de 2050.

A Figura 14 apresenta a evolução do consumo energético por fonte em cada cenário. O crescimento médio da demanda energética é de 1,2% a.a no cenário inferior e 1,9% a.a no cenário superior. A demanda por gasolina C para motores Ciclo Otto perde significativa importância, de 35% da demanda em 2015 para 22% no cenário inferior e 25% no cenário superior. Por outro lado, o etanol hidratado e a eletricidade aumentam sua participação, apesar de a eletricidade continuar pouco expressiva em 2050 (1,4% da demanda em ambos os cenários). Há destaque para o óleo diesel utilizado no transporte rodoviário de cargas, que

aumenta sua já elevada representatividade, de 47% em 2015 para 51% em 2050 em ambos os cenários.

Figura 14 – Evolução do consumo final de energia no setor de transportes



Fonte: Elaboração EPE.

Transporte de cargas

Uma das principais diferenças entre os cenários superior e inferior é o nível de atividade de transporte de cargas e nível de investimento em infraestrutura.

A atividade total do transporte de cargas deve aumentar 2,5% ao ano entre 2015 e 2050 no cenário inferior e 3,5% ao ano no cenário superior.

Em relação a investimentos em infraestrutura logística, no cenário inferior, atrasos em obras e a conjuntura negativa para estes investimentos no País fazem mesmo projetos com execuções físicas avançadas pararem. Como consequência, a participação do modo rodoviário se mantém relativamente estável. No cenário superior, com a melhoria da infraestrutura

logística do país, estima-se que a participação do modal rodoviário diminua de 60% para 48% devido, principalmente, ao grande aumento da movimentação de cargas pelo modal ferroviário – apesar dos avanços nos investimentos em logística, ainda há muitos entraves para uma mudança rápida na matriz de transportes de cargas.

Transporte de passageiros

A situação atual do transporte de passageiros reflete uma série de desafios a serem superados. As cidades, em geral, apresentam um grande volume de veículos particulares e reduzida oferta de transporte público de qualidade.

Nos cenários, espera-se um aumento da renda per capita da população e da taxa de urbanização das cidades, o que se reflete no aumento da posse de veículos. No entanto, há uma perspectiva de ampliação dos investimentos em transporte público e de ações políticas que melhorem o trânsito nas cidades e, de forma mais ampla, a mobilidade urbana. Estas ações contribuem para a diminuição na taxa de utilização de uso do transporte individual.

Em ambos os cenários, apesar do crescimento da frota de veículos leves, a participação do transporte individual na matriz se reduz, principalmente em virtude das melhorias do transporte urbano de massa e da menor quilometragem média dos veículos leves.

Em termos energéticos, a demanda do transporte de passageiros cresce em média 1,1% ao ano no cenário inferior e 1,6% no cenário superior. A diferença em relação à taxa da atividade é explicada, em grande medida, pelos avanços tecnológicos, com avanços significativos na eficiência energética de veículos de transporte de passageiros. O aumento da importância do modo rodoviário coletivo e a implementação de corredores de ônibus, além da priorização do transporte coletivo em vias preferenciais, também ajudam a melhorar a eficiência energética do sistema.

No transporte individual, ambos os cenários contemplam a penetração de veículos híbridos e elétricos, e conseqüente redução da participação dos veículos a combustão interna no licenciamento, mas a frota no cenário superior é maior.

Vale destacar alguns aspectos qualitativos que influenciaram as taxas de crescimento de cada modo de transporte. A tendência de envelhecimento da população brasileira tende a reduzir a demanda por transporte, com pessoas aposentadas não exigindo a locomoção diária ao trabalho. Por outro lado, o crescimento da população é fator de incremento de demanda. Outra variável importante é o nível de renda da população, na medida em que, uma renda maior está associada a uma maior demanda por mobilidade. Além disso, deve-se destacar a conectividade, que ajuda a reduzir a demanda por transporte, facilitando o trabalho remoto. Contudo, ela também contribui para a mobilidade, facilitando o acesso ao transporte, inclusive individual, mesmo para quem não tem a propriedade dos meios de transporte. Isso tende a aumentar a locomoção de pessoas, inclusive de pessoas de menor renda e de maior idade.

4. Incertezas e desafios

Um horizonte de tempo tão longo traz desafios à estimativa de demanda de energia, especialmente ligados à avaliação da competitividade de energéticos, às possibilidades de trajetórias tecnológicas, à evolução de infraestrutura e às respostas dos usuários de energias nesses possíveis contextos, entre outras.

As incertezas podem alterar significativamente a trajetória de evolução da demanda brasileira de energia no longo prazo e, por conseguinte, a necessidade de expansão para atendimento a essa demanda, tanto sob um ponto de vista quantitativo, quanto qualitativo.

As tendências tecnológicas mais pronunciadas permeiam este estudo, entretanto o mesmo não contempla determinadas alternativas em fase de desenvolvimento e possíveis inovações, que podem ter viabilidade técnica e econômica comprovada e proporcionar expressivas alterações de mercado, como por exemplo, a digitalização.

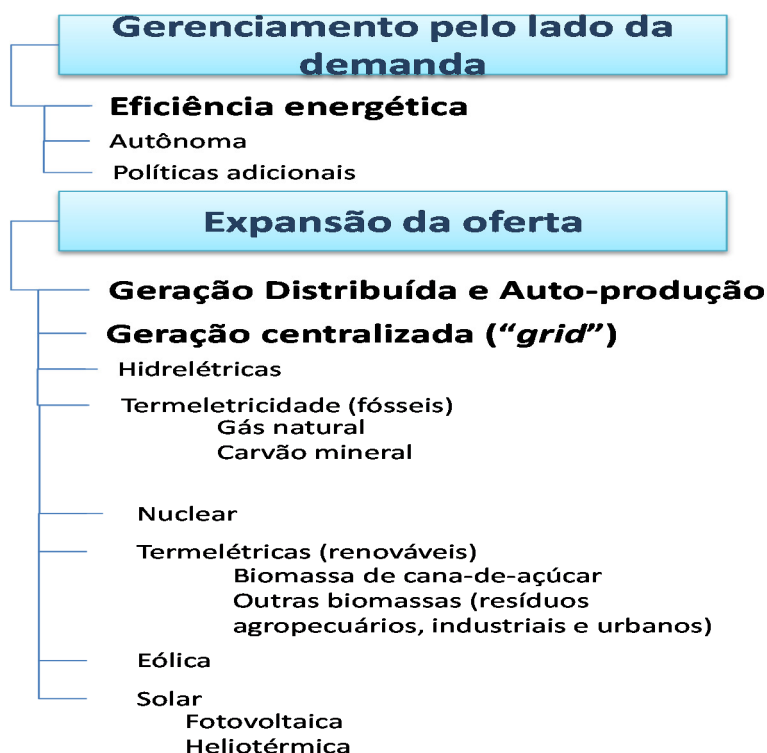
Neste estudo, ressaltam-se os aspectos-chave para essa estimativa e os condicionantes associados à sua viabilização e seus consequentes impactos. Dentre eles, a competitividade relativa dos energéticos, que define a expansão de determinadas atividades econômicas neste horizonte, com destaque para as indústrias energointensivas no país. Além disso, a competitividade internacional do país é fortemente definida pelo ambiente existente de preços da energia.

Um destes aspectos é a evolução do padrão futuro de deslocamento nas grandes cidades brasileiras, que exigirá mudanças nas políticas de mobilidade e planejamento urbano, além de um novo modelo de crescimento para as cidades de pequeno e médio porte, com foco no transporte coletivo e não motorizado. O aumento da conectividade entre os usuários de transportes e entre os próprios veículos (comunicação veículo a veículo) terão, por certo, impacto profundo não somente sobre o consumo de energia, como também sobre outros aspectos como qualidade de vida da população.

A evolução do transporte de cargas no país apresenta um direcionamento incerto pois se depara com desafios relacionados, entre outros, aos investimentos demandados para promover uma transformação modal, necessária à competitividade da economia e do transporte brasileiro. Igualmente, há distintas hipóteses para a dinâmica de incorporação das novas tecnologias impactando a matriz de transportes, como por exemplo, o grau de penetração das alternativas de eletrificação e nos setores industrial e residencial, o uso de fontes renováveis e a energia demandada por equipamentos de uso final.

E apesar desses entraves, é imprescindível garantir o atendimento de um contingente quantitativo crescente de população neste período (cerca de 50% de aumento de população até 2050), atrelado à crescente demanda de serviços de maior qualidade gerada pelo crescimento da renda per capita e também a um relativo movimento de mobilidade social esperado. E conseqüentemente, atender a evolução do perfil das edificações brasileiras, incluindo prédios para uso residencial quanto comercial, dada a ampla expansão de habitações e prédios comerciais que deverá ocorrer no horizonte analisado.

Diante de tantas incertezas avaliadas, a implementação de um papel mais ativo do consumidor final de energia como agente de mercado destaca-se na equação da expansão do setor energético. Esta importância pode ser ilustrada na Figura 15, que resume as alternativas de atendimento à demanda de energia. Os impactos da sua atuação englobam o uso eficiente de energia e a expansão da geração distribuída, que podem contribuir para redução significativa do crescimento da demanda de energia no longo prazo.

Figura 15 - Alternativas de atendimento à demanda de energia elétrica.

Fonte: Elaboração EPE.

As incertezas associadas aos aspectos acima mencionados podem levar a realidades bastante distintas da demanda futura de energia e, conseqüentemente, impactar de maneira significativa a estratégia de expansão futura do setor energético brasileiro.

5. Referências

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. <https://www.conab.gov.br/>. Brasília: Conab, 2018.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Recursos Energéticos Distribuídos 2050**. Rio de Janeiro: EPE, 2018.

_____. **Balço Energético Nacional 2018**: Ano base 2017. Rio de Janeiro: EPE, 2018.

_____. **Monitorando o Progresso da Eficiência Energética no Brasil: Indicadores e Análises Setoriais**. Nota Técnica DEA 025/17. Rio de Janeiro: EPE, 2017.

_____. **Demanda de Energia 2050**. Nota Técnica DEA 13/15. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/publicacoesarquivos/publicacao-227/topico-202/dea%2013-15%20demanda%20de%20energia%202050.pdf>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <http://www.ibge.gov.br>. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

OLADE - Organização Latino-americana de Energia. **Sendero energético regional**. OLADE, 2017.