

SÉRIE
ESTUDOS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

NOTA TÉCNICA DEA 10/14

Consumo de Energia no Brasil

Análises Setoriais

Rio de Janeiro
Junho de 2014



Ministério de
Minas e Energia



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



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 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

Maurício T. Tolmasquim (interino)

Diretor de Gestão Corporativa

Álvaro Henrique Matias Pereira

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

Sede

SCN – Quadra 1 – Bloco C Nº 85 – Salas 1712/1714

Edifício Brasília Trade Center

70711-902- Brasília – DF

Escritório Central

Av. Rio Branco, n.º 01 – 11º Andar

20090-003 - Rio de Janeiro – RJ

SÉRIE
**ESTUDOS DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

NOTA TÉCNICA DEA 10/14

**Consumo de Energia
no Brasil**
Análises Setoriais

Coordenação Geral

Maurício Tiomno Tolmasquim

Amílcar Guerreiro

Coordenação Executiva

Ricardo Gorini de Oliveira

Coordenação Técnica

Ricardo Gorini de Oliveira

Jeferson Borghetti Soares

Equipe Técnica

Ana Cristina Maia (economia)

Daniel Stilpen (consolidação e texto)

Fernanda Marques (indústria)

Isabela Oliveira (economia)

Luiz Gustavo Oliveira (agropecuário)

Monique Riscado (residencial)

Natália Moraes (transportes)

Patrícia Messer (transportes)

Assistente Administrativo

Gustavo Magalhães (formatação)

**Rio de Janeiro
Junho de 2014**

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

NOTA TÉCNICA DEA 10/14
Consumo de Energia no Brasil
Análises Setoriais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
1.1 OBJETIVOS E CONTEÚDO	7
1.2 AS FONTES DOS DADOS	8
1.3 AÇÕES ESTRUTURAIS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	10
2. ANTECEDENTES VINCULADOS À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	14
2.1 POLÍTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	14
2.2 CONTEXTO ECONÔMICO E OFERTA DE ENERGIA	25
3. TENDÊNCIAS NO CONSUMO DE ENERGIA: POR COMBUSTÍVEL E POR SETOR	32
4. TENDÊNCIA GERAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	43
4.1 INTENSIDADE ENERGÉTICA PRIMÁRIA	43
4.2 INTENSIDADE ENERGÉTICA FINAL	48
5. TENDÊNCIAS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS CENTROS DE TRANSFORMAÇÃO	51
6. TENDÊNCIAS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR INDUSTRIAL	59
6.1 TENDÊNCIAS GERAIS	59
6.2 ANÁLISES POR SEGMENTO INDUSTRIAL	65
6.3 IMPACTOS DE MUDANÇAS ESTRUTURAIS	71
7. TENDÊNCIAS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR AGROPECUÁRIO	73
7.1 TENDÊNCIAS GERAIS	73
7.2 TENDÊNCIAS POR SEGMENTO	76
8. TENDÊNCIAS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR RESIDENCIAL	80
8.1 TENDÊNCIAS GERAIS DE CONSUMO	80

8.2	CONSUMO DE ENERGIA POR USOS FINAIS	86
8.3	PENETRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E ELETRODOMÉSTICOS EFICIENTES	90
8.4	APARELHOS ELETRODOMÉSTICOS	91
9.	TENDÊNCIAS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR TRANSPORTES	97
10.	CONCLUSÃO	112
11.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113

1. INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos e conteúdo

Este documento consolida os resultados de um extenso trabalho que vem sendo realizado pela EPE há três anos e que tem por objetivos principais o desenvolvimento e o preenchimento de um banco de indicadores de eficiência energética, para fins de monitoramento do desempenho de eficiência energética no Brasil.

Trata-se de uma iniciativa pioneira no país, que reafirma o compromisso da EPE com o tema eficiência energética. Este trabalho foi concebido inicialmente em parceria com a Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*, no âmbito do acordo de Cooperação Técnica entre o Brasil e Alemanha na área das Fontes Renováveis e Eficiência Energética, a ENERDATA e a *Agence de l'Environment et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME)*, com objetivo final de criação de um banco de dados nacional.

Posteriormente surgiu a ideia de unir esforços com a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), no sentido de adaptar o banco de dados que a EPE estava desenvolvendo, visando harmonizar com outros sistemas similares da região citada. Assim, seria possível a comparação de indicadores entre os países membros da CEPAL, bem como a troca de experiências em políticas públicas de eficiência energética.

Neste contexto, o presente documento consolida o primeiro ciclo de trabalho da EPE na elaboração do banco de dados de indicadores de eficiência energética. A publicação desta Nota Técnica é, portanto, um passo fundamental para a disseminação e discussão dos indicadores nacionais de eficiência energética no Brasil e nos posiciona em situação semelhante aos países da União Européia no monitoramento da eficiência energética (ODYSSEE).

1.2 As fontes dos dados

As principais fontes primárias de informação utilizadas na elaboração deste *National Report* são apresentadas na Figura 1 e respondem pela maior quantidade de informações utilizadas. A Empresa de Pesquisa Energética registra aqui seu agradecimento a todas as instituições que forneceram dados para a realização deste trabalho.

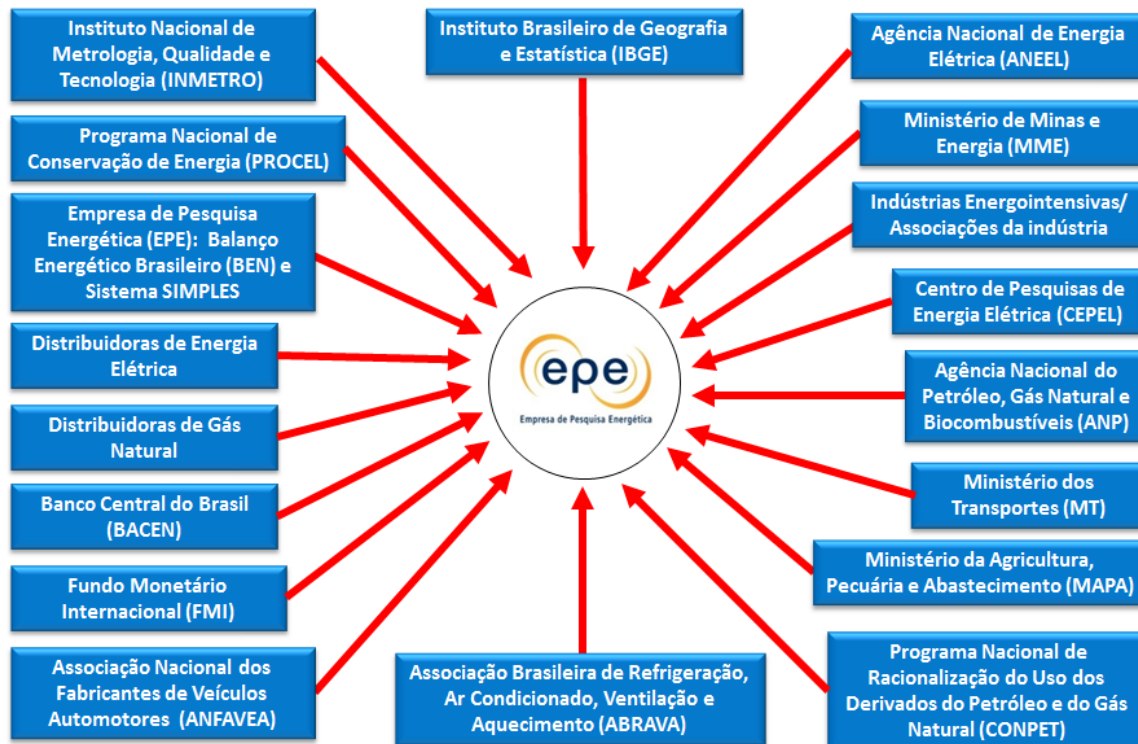


Figura 1 - Fontes Primárias de Dados Utilizadas para a elaboração do banco de dados de eficiência energética pela EPE
 Fonte: EPE (2013a).

Contudo, deve ser destacado que inúmeras outras fontes também contribuíram para a execução desse estudo, mas por razões de espaço físico não são listadas nessa figura.

A lista completa de fontes de dados pode ser visualizada na seção de referências bibliográficas, ao final deste relatório.

Assim, o espectro de informações utilizadas para a elaboração deste estudo se origina das seguintes categorias:

a) Órgãos/ações governamentais:

- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL);
- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP);
- Banco Central do Brasil (BACEN);
- Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL);
- Empresa de Pesquisa Energética (EPE);
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);
- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO);
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA);
- Ministério de Minas e Energia (MME);
- Ministério dos Transportes;
- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL);
- Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e do Gás Natural (CONPET).

b) Indústria nacional:

- Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA);
- Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA);
- Associações Setoriais da Indústria;

- Empresas Distribuidoras de Eletricidade;
 - Empresas Distribuidoras de Gás Natural;
 - Indústrias Energointensivas;
- c) Organismos internacionais:
- Fundo Monetário Internacional (FMI).

1.3 Ações estruturais para eficiência energética

De acordo com a lei de criação da EPE (BRASIL, 2004) são algumas de suas competências: “promover estudos e produzir informações para subsidiar planos e programas de desenvolvimento energético ambientalmente sustentável, inclusive, de eficiência energética”, bem como “promover planos de metas voltadas para a utilização racional e conservação de energia”.

Para que seja viabilizada a elaboração futura de planos de metas – que dependem diretamente da avaliação de como novas tecnologias e práticas podem ser introduzidas nos setores consumidores – incluindo ações orientadas, é fundamental que sejam conhecidos o diagnóstico atual, as perspectivas de evolução e propostas, relacionadas à eficiência no uso dos diferentes energéticos utilizados e sua contextualização para a situação brasileira.

O crescente papel da eficiência energética como importante vetor no atendimento à demanda futura de energia da sociedade brasileira e mundial, recorrentemente tem sido apontado em diversos estudos. Nesse contexto, enquanto internacionalmente se podem destacar o *World Energy Outlook* e o *Energy Efficiency Market Report* (ambos produzidos pela Agência Internacional de Energia - IEA), o *Annual Energy Outlook* (elaborado pelo *Energy Information Administration/U.S DOE*) e o *Energy Efficiency*

Policies in the European Union (elaborado pela ODYSSEE-MURE), no âmbito nacional citam-se o Plano Decenal de Energia (PDE), o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE) e o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf).

Em comum, estes estudos destacam que a sociedade não poderá prescindir de montantes crescentes de eficiência energética, como parte da estratégia de atendimento à demanda de energia. Além desse papel, a eficiência energética tem importante contribuição para a segurança energética, modicidade tarifária, competitividade da economia e redução de impactos ambientais, entre eles as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Nesse sentido, o aproveitamento das oportunidades de efficientização energética requer necessariamente uma visão integrada tanto de fontes energéticas quanto de agentes envolvidos (governo, setor privado e sociedade em geral).

Nesse contexto, em 2007 foi publicado o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030), que se constituiu no primeiro documento oficial de planejamento energético integrado do governo brasileiro, apontando metas de eficiência energética de longo prazo para o país. Entre as contribuições do PNE 2030, destacam-se, principalmente:

- Explicitar, dentro do planejamento energético integrado nacional, o papel da eficiência energética na expansão de longo prazo do setor energético brasileiro, mediante a indicação de metas de eficiência energética;
- Contribuir para estimular novos estudos na área;
- Indicar a necessidade de se estabelecer bases de dados aplicáveis à eficiência energética no Brasil, que permitam consolidar informações sobre o tema, monitorar o progresso de indicadores de eficiência energética e alimentar a análise de impacto de políticas relacionadas ao assunto.

Como consequência dos estudos do PNE 2030, elaborou-se o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), publicado em 2011, definindo um conjunto de diretrizes para que o montante de eficiência energética apontado no PNE 2030 seja alcançado. Posteriormente, a Portaria MME nº 601/2011, criou um grupo de trabalho (GT-PNEF) com a “...finalidade de propor estratégias, elaborar Plano de Trabalho e sugerir critérios destinados à implementação e ao acompanhamento do Plano Nacional de Eficiência Energética...”, no qual participam instituições tais como EPE, CEPEL, CONPET,

INMETRO, ANEEL, ANP, MCTI, MMA e UNIFEI, sob coordenação do MME. Nesse grupo, coube à EPE conduzir a elaboração de plano de trabalho para implantação de banco de dados e de informações sobre eficiência energética no Brasil (conforme diretriz constante no capítulo 1 do PNEf), abrangendo, entre outros, indicadores, tecnologias, metodologias, estudos e projetos de eficiência energética.

Nesse contexto, a EPE estrutura sua contribuição ao planejamento da eficiência energética no Brasil através de ações estruturadas segundo três pilares:

- Formação de bases de dados sobre eficiência energética, o que inclui a identificação dos potenciais de eficiência energética bem como os custos associados aos mesmos;
- Elaboração de estratégias e portfólio de ações para incentivo ao aumento da eficiência energética no Brasil;
- Monitoramento do progresso de indicadores de eficiência energética em diversos setores, retroalimentando inclusive, a análise de impacto de políticas voltadas à eficiência energética.

Diante desse desafio, entre as ações necessárias que vem sendo desenvolvidas inclui-se a identificação das medidas de eficiência energética (MEE) aplicáveis a cada setor da economia, seus custos e possíveis mecanismos de incentivo à sua adoção. A elaboração das chamadas Curvas de Custo Potencial de Eficiência Energética (CCP's) constitui-se em uma ação diretamente relacionada com a necessidade destacada.

Além de vincular potenciais de eficiência energética a custos e MEE para viabilizá-los, a elaboração destas curvas permite ainda: (i) monitorar a evolução de potenciais de conservação de energia (quando atualizados periodicamente); (ii) identificar barreiras e gargalos da implementação de MEE; (iii) identificar um portfólio de possíveis ações de eficiência energética; (iv) comunicar e divulgar os potenciais de conservação de energia.

Assim, sob o ponto de vista do planejamento energético nacional, o conhecimento dessas medidas indica aos formuladores de política energética possíveis direções para elaboração de mecanismos e incentivos para promoção de ações de eficiência energética. Tais informações permitem também aprimorar as ferramentas de estimativa da contribuição da eficiência energética na projeção de demanda energética. Para os

agentes, por sua vez, a divulgação de informações relativas às MEE pode contribuir para redução da assimetria de informação existente neste tema, sendo a publicação das CCP's uma ferramenta importante de comunicação com a sociedade quanto a estes potenciais de eficiência energética.

Considerando, portanto, a utilidade das CCP's e visando introduzir a ferramenta como mais um instrumento orientador para o planejamento da eficiência energética no Brasil, a EPE vem se mobilizando para construir CCP's representativas para setores energointensivos brasileiros e para edificações comerciais. Dentre os resultados obtidos até o momento são listados principalmente a definição de uma metodologia geral e uma específica para o setor industrial para a construção das CCP's, a definição de uma abordagem operacional para a aplicação da metodologia na realidade brasileira, além de uma primeira estimativa de custos potenciais de eficiência energética para um determinado conjunto de segmentos industriais energointensivos. O instrumento das CCP's vem sendo aplicado para identificar potenciais de conservação no setor industrial e os resultados desses estudos serão publicados em notas técnicas subsequentes.

Cabe destacar que o projeto de levantamento de curvas de custo potencial de medidas de eficiência energética deriva das habilidades conjuntas inseridas dentro da cooperação técnica entre EPE e a Cooperação Alemã para Desenvolvimento Sustentável por meio da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*, no âmbito do acordo de Cooperação Técnica entre o Brasil e a Alemanha na área das Fontes Renováveis e Eficiência Energética.

Finalmente, vale também citar três ações desenvolvidas pela EPE conjuntamente com a Embaixada do Reino Unido: o mapeamento das políticas de eficiência energética nos setores público, transportes e residencial, a construção de uma ferramenta computacional (software) para a elaboração das curvas CCP, além da avaliação de desempenho regulatório.

2. ANTECEDENTES VINCULADOS À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

2.1 Políticas de eficiência energética

Para superar as barreiras relacionadas à promoção da eficiência energética em um país, é necessária a adoção de um conjunto de medidas por parte dos diversos agentes envolvidos. Para alcançarem a efetividade pretendida, estas necessitam ser orientadas dentro de um contexto mais amplo de política nacional de eficiência energética.

A seleção de quais medidas compõem este conjunto, mais especificamente, quais ações e mecanismos deverão ser priorizados, consiste na primeira e fundamental etapa para que sejam mapeados e, posteriormente, realizados todos os esforços necessários para o alcance de metas de eficiência energética.

No Brasil, a experiência com a implantação de mecanismos e políticas relacionadas à promoção da eficiência energética remontam especialmente da década de 1980, mais especificamente 1984, com o lançamento do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Ao longo dos anos, diversas iniciativas foram conduzidas no Brasil, com esse foco.

Nesse item, visa-se apresentar algumas das principais ações de políticas públicas atuantes sobre a eficiência energética no Brasil. A Figura 2 apresenta uma linha do tempo para as políticas de eficiência energética implantadas no Brasil entre 1984 e 2011. Estes principais marcos citados são comentados de forma resumida a seguir.

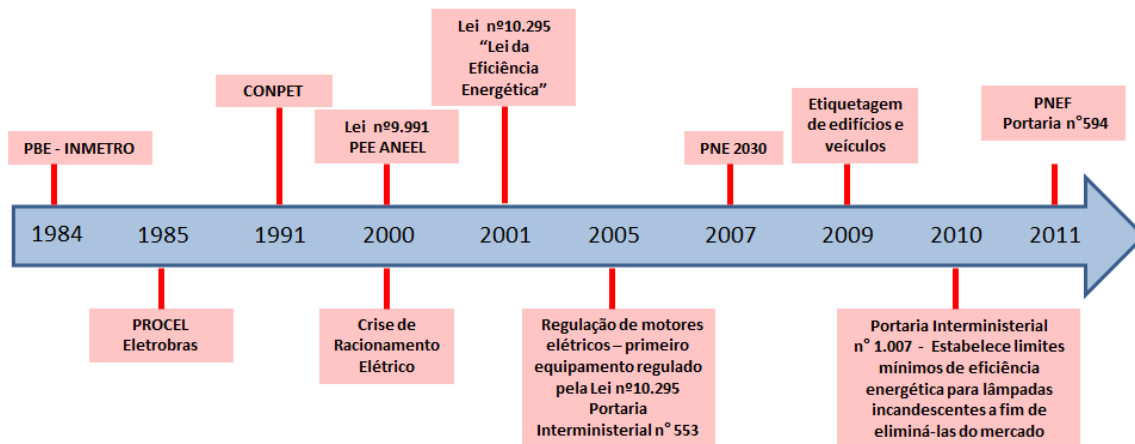


Figura 2 - Principais Políticas de Eficiência Energética no Brasil - 1984 a 2011

Fonte: EPE (2013a).

- Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) é um programa de etiquetagem de desempenho, coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), com a finalidade de contribuir para a racionalização do uso da energia no Brasil através da prestação de informações sobre a eficiência energética dos equipamentos disponíveis no mercado nacional.

O Programa Brasileiro de Etiquetagem fornece informações sobre o desempenho dos produtos, considerando atributos como a eficiência energética, o ruído e outros critérios que podem influenciar a escolha dos consumidores que, assim, poderão tomar decisões de compra mais conscientes. Ele também estimula a competitividade da indústria, que deverá fabricar produtos cada vez mais eficientes.

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) classifica os equipamentos, veículos e edifícios em faixas coloridas, em geral de "A" (mais eficiente) até "E" (menos eficiente), e fornece outras informações relevantes, como, por exemplo, o consumo de combustível dos veículos e a eficiência de centrifugação e de uso da água em lavadoras de roupa.

- Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)

O objetivo do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) é promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se eliminem os desperdícios e se reduzam os custos e os investimentos setoriais.

O Procel foi criado em dezembro de 1985 pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, através da Portaria Interministerial nº 1.887, e gerido por uma Secretaria-Executiva subordinada à Eletrobras. Em 18 de julho de 1991, o Procel foi transformado em programa de governo, tendo sua abrangência e suas responsabilidades ampliadas.

São finalidades do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL): combater o desperdício de energia elétrica, estimular o uso eficiente e racional de energia elétrica e fomentar e apoiar a formulação de leis e regulamentos voltados para as práticas de eficiência energética.

O Procel atua nas áreas: Educação, Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética (Procel Info), Selo Procel, Edificações, Prédios Públicos, Gestão Energética Municipal, Indústria, Saneamento Ambiental e Iluminação Pública e Semáforos.

De acordo com publicação¹ disponibilizada no “site” do Procel², em 2012 foram economizados 9.097 GWh devido às ações conduzidas pelo Programa (cerca de 2% da demanda elétrica no Brasil em 2012).

- Programa Nacional para Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural (CONPET)

O CONPET é um programa do Governo Federal criado em 1991 por um decreto presidencial, para promover o desenvolvimento de uma cultura anti-desperdício no uso dos recursos naturais não renováveis no Brasil.

O CONPET estimula a eficiência no uso da energia em diversos setores, com ênfase nas residências, nas indústrias e nos transportes, além de desenvolver ações de

¹ ELETROBRAS; PROCEL. “Relatório de Resultados do Procel 2013 - ano base 2012”. Rio de Janeiro, 2013;

² <http://www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp>.

educação ambiental. Assim, os objetivos do CONPET contemplam: racionalizar o consumo dos derivados do petróleo e do gás natural; reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera; promover a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico; e fornecer apoio técnico para o aumento da eficiência energética no uso final da energia.

Como pode ser visto no seu sítio na internet³, o CONPET atua em três áreas: Eficiência Energética de Equipamentos, Educação e Transportes.

- Lei 9.991/2000

Esta lei regulamenta a obrigatoriedade dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica.

De acordo com esta lei, as distribuidoras devem aplicar um percentual mínimo da receita operacional líquida (ROL) em Programas de Eficiência Energética: 0,5% até 2015, sendo 60% destes voltados para a parcela da população classificada como “baixa renda”.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) informa⁴ que o Programa de Eficiência Energética das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica (PEE) contabiliza mais de R\$ 3 bilhões em investimentos já realizados ou em fase de execução. Como resultados do PEE foram economizados 3.930 GWh em 2012, com 1.148 projetos por tipologia.

- Programa de Eficiência Energética ANEEL (PEE)

O objetivo do PEE é a transformação do mercado de eficiência energética no setor elétrico através da promoção do uso racional de energia elétrica. Para isso os projetos do PEE devem ser relevantes para o mercado e devem demonstrar viabilidade econômica em suas ações de aumento da eficiência.

³ www.conpet.gov.br;

⁴ Dados apresentados por Máximo Luiz Pompermayer, Superintendente de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética da ANEEL, no 10º Congresso Brasileiro de Eficiência Energética (COBEE), em julho de 2013.

Essas ações e projetos podem ser, além da evidente substituição de equipamentos, atividades de treinamento e educação, projetos de gestão energética, projetos especiais como definidos no PROPEE⁵, além da própria avaliação e divulgação do PEE.

Recentemente a ANEEL vem trabalhando para que áreas prioritárias sejam contempladas por maior quantidade de recursos e projetos, e como consequência, para que o PEE obtenha maior efetividade no seu objetivo de transformação de mercado.

- Lei 10.295/2001 (“Lei de Eficiência Energética”)

Esta lei prevê o estabelecimento de níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, com base em indicadores técnicos pertinentes (valores técnica e economicamente viáveis, considerando a vida útil das máquinas e aparelhos consumidores de energia).

No tocante à regulamentação de equipamentos, cabe ao CGIEE (Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética) estabelecer o cronograma de trabalho visando implementar a aplicação da lei nº 10.295/2001, elaborar regulamentação específica para cada tipo de aparelho e máquina consumidora de energia, bem como estabelecer o programa de metas com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados para cada equipamento regulamentado, entre outras (MME, 2014). No quadro a seguir são listados os equipamentos já regulamentados através de Portarias Interministeriais.

⁵ Procedimentos do Programa de Eficiência Energética.

Quadro 1 - Regulamentação da “Lei de Eficiência Energética”

Legislação Específica	Equipamentos Contemplados
Portarias Interministeriais nº 553/2005 e nº 238/2009	Motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilho
Portarias Interministeriais nº 132/2006 e nº 1008/2010	Lâmpadas Fluorescentes Compactas
Portarias Interministeriais nº 362/2007 e nº 326/2011	Refrigeradores e Congeladores
Portarias Interministeriais nº 363/2007 e nº 325/2011	Fornos e Fogões a Gás
Portarias Interministeriais nº 364/2007, nº 323/2011 e nº 324/2011	Condicionadores de Ar
Portaria Interministerial nº 298/2008	Aquecedores de Água e Gás
Portaria Interministerial nº 959/2010	Reatores Eletromagnéticos para Lâmpadas a Vapor de Sódio de Alta Pressão e a Vapor Metálico (halogenetos)
Portaria Interministerial nº 1007/2010	Lâmpadas Incandescentes

Fonte: Brasil (2005, 2006, 2007a, 2007b, 2007c, 2008, 2009, 2010a, 2010b, 2010c, 2011a, 2011b, 2011c, 2011d).

Plano Nacional de Energia 2030 (PNE):

O Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030) constitui-se no primeiro documento oficial de planejamento energético integrado do governo brasileiro que apontou metas de eficiência energética de longo prazo para o país⁶.

Neste documento, quatro cenários de demanda de energia são quantificados bem como a respectiva contribuição da eficiência energética em cada um deles, ilustrada na Figura 3 e detalhada na Tabela 1. Estes cenários diferem entre si, basicamente, quanto ao grau de sucesso do país em superar os desafios que se apresentam no ambiente econômico, político e social presente em cada cenário. A cada cenário econômico, por sua vez, corresponde uma taxa de crescimento econômico distinto, variando do menor valor (cenário C) para o maior valor (cenário A).

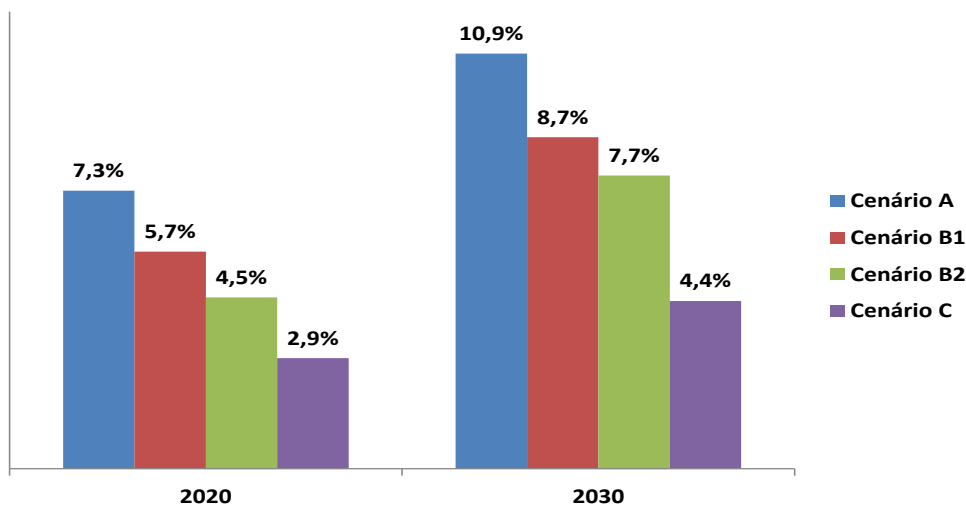


Figura 3- Contribuição dos ganhos de eficiência energética nos cenários de demanda de energia do PNE 2030.

Notas: refere-se à energia como um todo, ou seja, considerando eletricidade e combustíveis. O percentual indica uma redução em relação ao consumo de energia total em decorrência de ganhos de eficiência energética, considerando os setores agropecuário, comercial/público, transportes, industrial e residencial.

Fonte: EPE (2007).

⁶ Disponível no sítio <www.epe.gov.br/pne>.

Cabe ressaltar que os montantes apresentados na figura anterior referem-se à contribuição estimada da parcela denominada “progresso autônomo”, ou seja, em grande parte devido à penetração de medidas de eficiência energética decorrentes da dinâmica natural de renovação de equipamentos existentes, sejam elas induzidas por hábitos de consumo estabelecidos, sejam devido ao efeito de políticas existentes.

Tabela 1 - Eficiência Energética por Setor - Progresso Autônomo

Percentual do Consumo Final	2020	2030
Cenário A	7,3	10,9
Agropecuário	5,8	10,1
Comercial/Público	8,0	8,0
Transportes	7,1	13,1
Industrial	7,9	10,7
Residencial	6,7	8,0
Cenário B1	5,7	8,7
Agropecuário	3,3	6,0
Comercial/Público	5,1	5,8
Transportes	6,9	12,1
Industrial	5,8	7,9
Residencial	3,4	4,1
Cenário B2	4,5	7,7
Agropecuário	2,6	4,6
Comercial/Público	4,3	4,7
Transportes	6,6	12,0
Industrial	3,8	6,0
Residencial	3,3	3,9
Cenário C	2,9	4,4
Agropecuário	1,2	2,0
Comercial/Público	2,9	3,3
Transportes	3,5	5,9
Industrial	3,0	4,2
Residencial	2,5	3,4

Fonte: EPE (2007).

Especificamente no tocante à energia elétrica, o PNE 2030 estabelece metas adicionais de eficiência energética, através de ações adicionais denominadas “progresso induzido” de eficiência energética. Estas ações visam contribuir para sobrepujar as diversas barreiras (econômicas, políticas, tecnológicas, entre outras) que retardam a penetração de medidas de eficiência energética na sociedade.

Segundo o PNE 2030, estima-se que essas ações adicionais a serem implantadas no horizonte do estudo, possam contribuir com uma parcela de 5,3% da demanda elétrica brasileira total em 2030. Assim, considerando-se também a contribuição do denominado “progresso autônomo”, a meta de conservação total de eletricidade no longo prazo é de aproximadamente 10% em 2030.

A Figura 4 apresenta o detalhamento dos ganhos de eficiência elétrica projetados pelo PNE 2030. Os quatro cenários (A, B1, B2 e C) estão decompostos nos segmentos industrial, residencial, comercial/público e agropecuário.

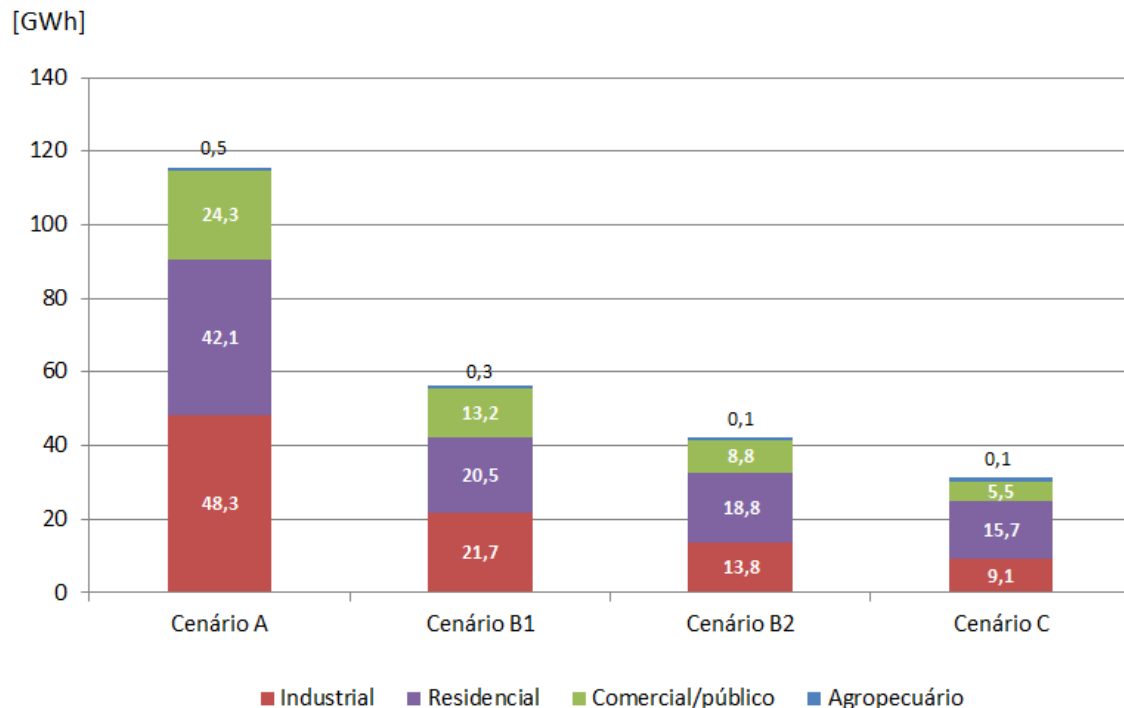


Figura 4 – Eficiência elétrica no PNE 2030, por cenário e por setor.

Fonte: EPE (2007).

- Portaria Interministerial nº 1.007/2010 (MME, MCTI, MDIC):

A portaria interministerial supracitada estabelece os níveis mínimos de eficiência energética para lâmpadas incandescentes, definindo marcos, em função da potência dessas lâmpadas, para o banimento da comercialização das lâmpadas deste tipo que não atendam a estes níveis mínimos de eficiência energética estipulados pela Portaria. Nesse cronograma, as primeiras a terem seus índices mínimos regulamentados são aquelas de maior potência (30/06/2012), enquanto que para aquelas de menor potência, a data referência para atingimento desses índices é 30/06/2016. O cronograma geral é apresentado na Tabela 2 e Tabela 3.

Tabela 2. 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: Brasil (2010b).

Tabela 3. 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: Brasil (2010b).

- Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf):

O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf) foi publicado em 2011, tendo com o objetivo de promover ações estruturadas para atingimento de metas de eficiência energética no longo prazo. Este conjunto de ações contempla, por sua vez, a identificação dos instrumentos de ação e captação de recursos correlatos ao tema e, por essa natureza, sua implementação envolve o esforço coordenado de diversos setores da sociedade tais como representantes de governos em todas as esferas (municipal, estadual e federal), empresas e sociedade como um todo.

Cabe destacar, ainda, que embora a meta de eficiência energética adotada no PNEf refira-se explicitamente apenas à eletricidade (aproximadamente 10% de redução do consumo em 2030), o conjunto de diretrizes e premissas propostas no PNEf não se restringe apenas a este energético, mas se estende também para a efficientização no uso de combustíveis. Por exemplo, contempla o setor de transportes, cuja demanda energética compõe preponderantemente de combustíveis líquidos.

Entre os mecanismos para o atingimento destas metas em cada segmento de consumo, o governo brasileiro poderá induzir ações através de incentivos legais ou financeiros, campanhas nacionais, estabelecimento de níveis mínimos de desempenho, entre outros.

Finalmente, além dos marcos descritos anteriormente, cabe destacar outras ações de eficiência energética mais recentes, ilustradas na Figura 5. Como destaque, no período compreendido entre 2006 e 2011, se observou a intensificação da adoção de medidas regulatórias em prol da promoção da eficiência energética no Brasil, especialmente no setor residencial.

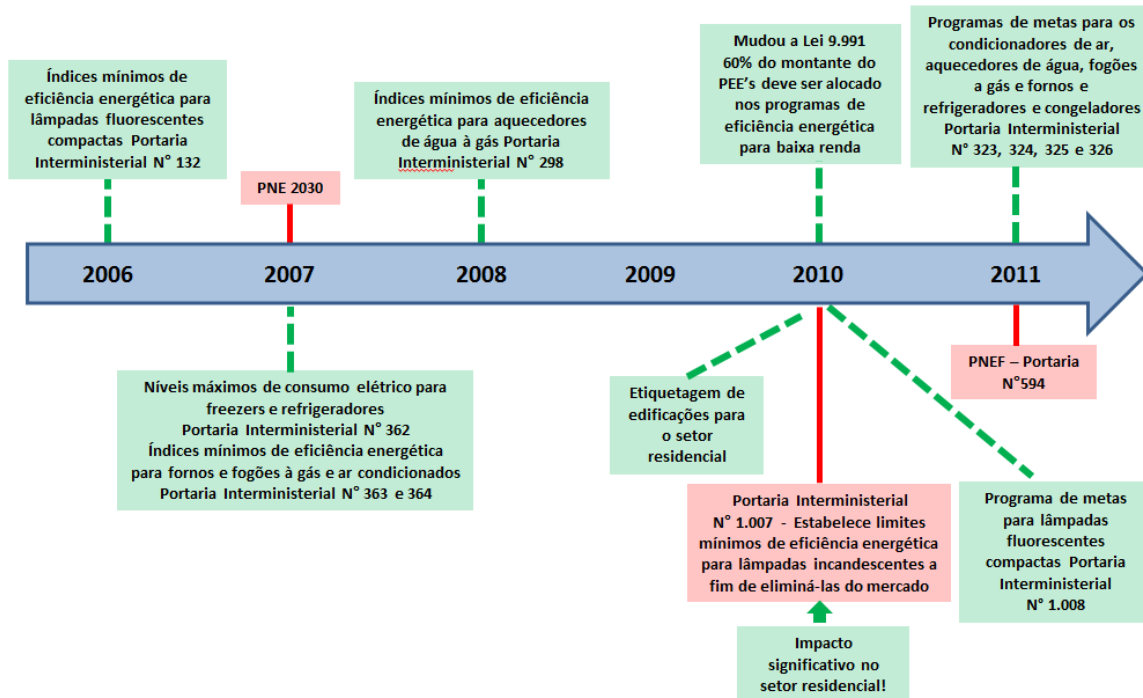


Figura 5 - Linha do tempo de políticas de recentes de eficiência energética no Brasil - 2006 a 2011.

Fonte: EPE (2013a).

2.2 Contexto econômico e oferta de energia

A Figura 6 sintetiza dados demográficos, econômicos, geográficos e de fronteiras políticas do território brasileiro. São informações gerais, visando rápida contextualização do país para melhor compreensão das análises dos capítulos subsequentes deste documento.

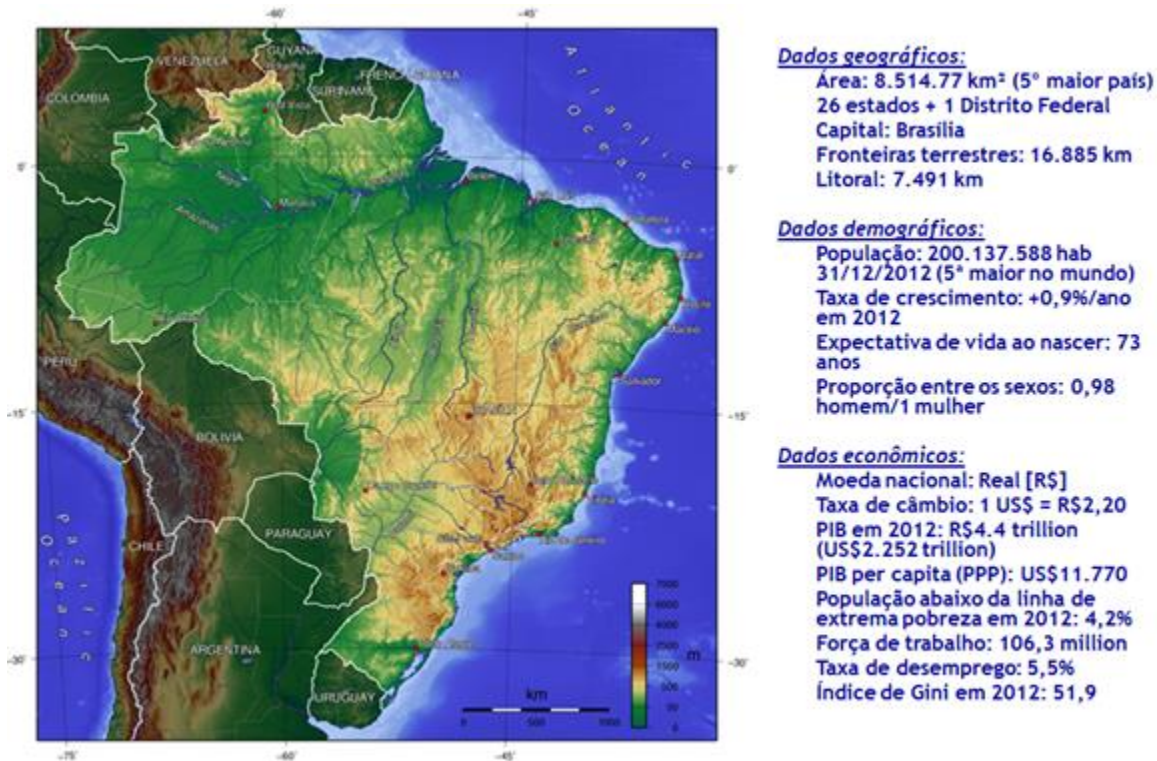


Figura 6 - Caracterização geopolítica, econômica e demográfica do Brasil.
 Fonte: EPE (2013a).

No período compreendido entre 1990 e 2010, a intensidade energética da economia brasileira mostrou comportamento levemente ascendente, resultando em elasticidade-renda da demanda aproximadamente igual a 1,0 (um) nas últimas duas décadas. Neste período, o PIB (em valores constantes de 2000) evoluiu de R\$ 922,4 bilhões em 1990 para R\$ 1.682,2 bilhões em 2010 (aumento de 82,4% em 20 anos).

A Tabela 4 ilustra o crescimento do Produto Interno Bruto nacional, em cinco diferentes períodos: 1990 a 1995, 1995 a 1999, 1999 a 2001, 2001 a 2008 e 2008 a 2012. Vale ressaltar que os montantes estão ajustados com referência ao ano 2000. É possível também visualizar o aumento percentual médio em cada intervalo analisado, o que permite constatar que a década de 2000 é aquela que registra o melhor resultado.

Por outro lado, a oferta de energia praticamente dobrou: fixando-se o dado de 1990 como número-índice 100, o valor em 2010 foi igual a 189. Esta evolução é apresentada na Figura 7. Contudo, esse comportamento não foi homogêneo no período como um todo, conforme mostra a Figura 8. Além do período 1990-2012, pode-se decompor o

este período em cinco momentos: 1990 a 1995, 1995 a 1999, 1999 a 2001, 2001 a 2008 e 2008 a 2012.

Tabela 4 - Produto Interno Bruto - Brasil

[R\$ de 2000]	1990-1995	1995-1999	1999-2001	2001-2008	2008-2012
Varição em Valores Absolutos	145.385	63.041	64.182	374.560	176.468
Varição média anual	+3,0%	+1,5%	+2,8%	+4,0%	+2,7%
Valor Adicionado na Indústria	40.317	1.781	11.301	77.408	18.017
Varição média anual na indústria	+3,3%	+0,2%	+2,1%	+3,5%	+1,2%

Fonte: EPE (2013b).

Na primeira metade da década de 1990, o PIB cresceu, em média, a uma taxa anual de 3,0% enquanto que o suprimento energético aumentou 2,8%. Este período caracterizou-se por altas taxas de inflação (com média superior a 1.000 % a.a., cuja origem remonta desde a segunda metade da década de 1980), afetando a economia como um todo.

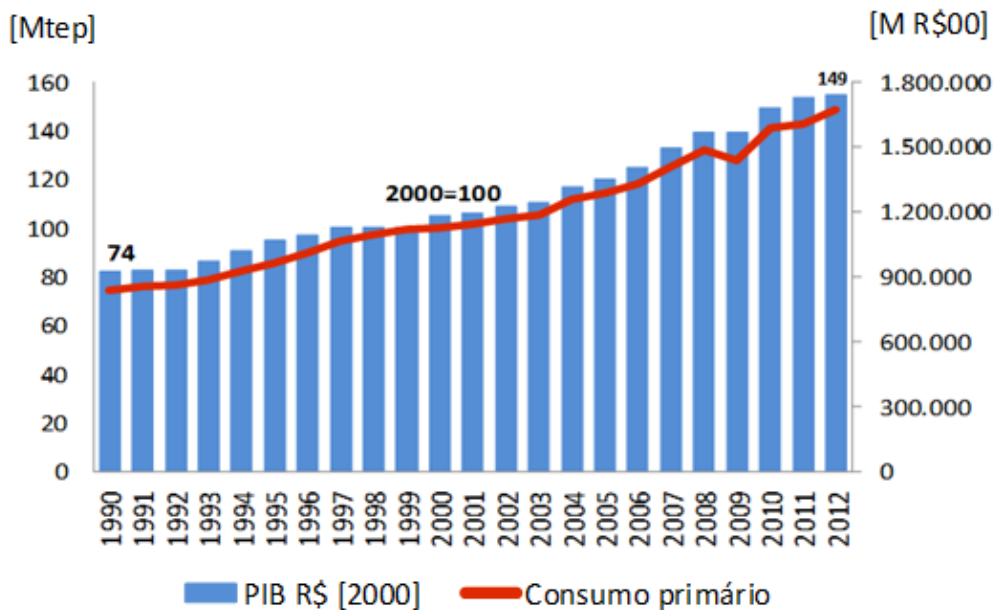


Figura 7 - PIB e Oferta Interna de Energia - 1990 a 2012.

Fonte: EPE (2013b).

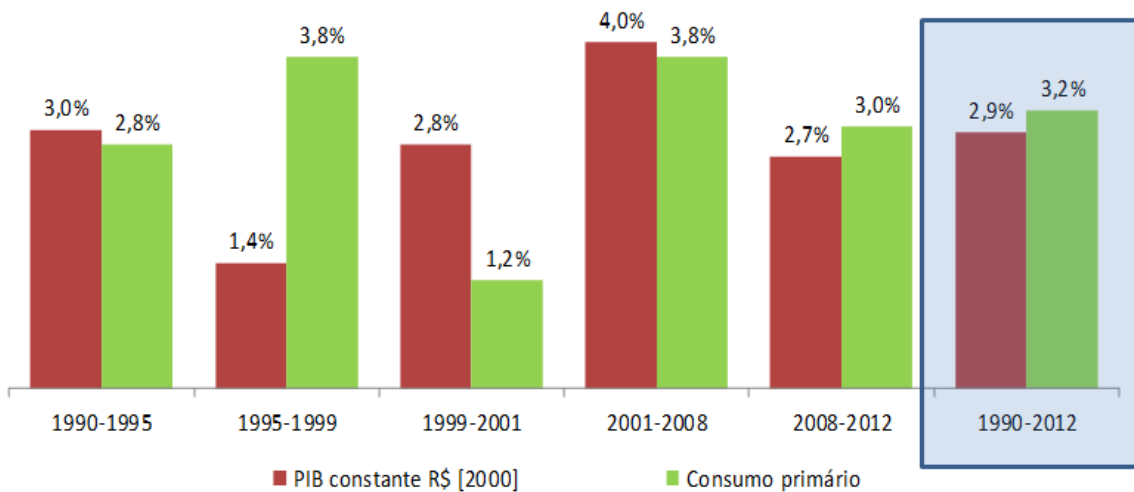


Figura 8 - PIB e Oferta Interna de Energia - Períodos Selecionados
 Fonte: EPE (2013b).

Este ambiente promoveu a deterioração do poder de compra das famílias, impactando negativamente a demanda de bens e serviços e atingindo a atividade de setores tais como comércio & serviços, além de parte da indústria. Neste período, cabe destacar que a indústria nacional vivenciou um período de demissões e capacidade ociosa. Como resultado a oferta de energia cresceu em um ritmo mais baixo que o PIB, tendo em vista que o requisito cresceu a taxas inferiores ao PIB, em especial da indústria energointensiva.

Entre 1995 e 1999, por sua vez, a oferta interna de energia cresceu mais que o produto interno bruto (média anual de 3,8% contra 1,4%). O aumento do PIB pode ser atribuído ao efeito de um bem sucedido plano econômico para controle da inflação implantado em 1994 (Plano Real) e que possibilitou, inclusive, iniciar um processo de melhoria de distribuição de renda no país.

Estes fatores reaquereram a economia brasileira e atenderam parte da demanda reprimida até então existente, na forma de bens e produtos mais elaborados e mesmo acesso a bens até então inacessíveis para parte da população. Como se pode observar na Figura 9, a taxa de crescimento do consumo das famílias (bens e serviços) aumentou mais que o número de domicílios no período 1990-2000.

É interessante notar também o significativo aumento do consumo de eletricidade ocorrido de 1990 a 2000. Isto decorreu tanto do aumento de consumo das famílias (eletrodomésticos) quanto da indústria e serviços em geral.

Na década seguinte, de 2000 a 2010, a situação ficou equilibrada, com discreta vantagem para o PIB (média anual de 3,6% contra 3,5%). Neste período, um dos principais fatos ocorridos foi a redução abrupta do consumo de eletricidade induzida pelo racionamento ocorrido em 2001, conforme se percebe no gráfico. Além disso, ganha também destaque a penetração de equipamentos regulamentados com índices mínimos de eficiência energética, derivados justamente da lei de eficiência energética (nº 10.295/2.001), publicada durante a crise do racionamento de eletricidade.

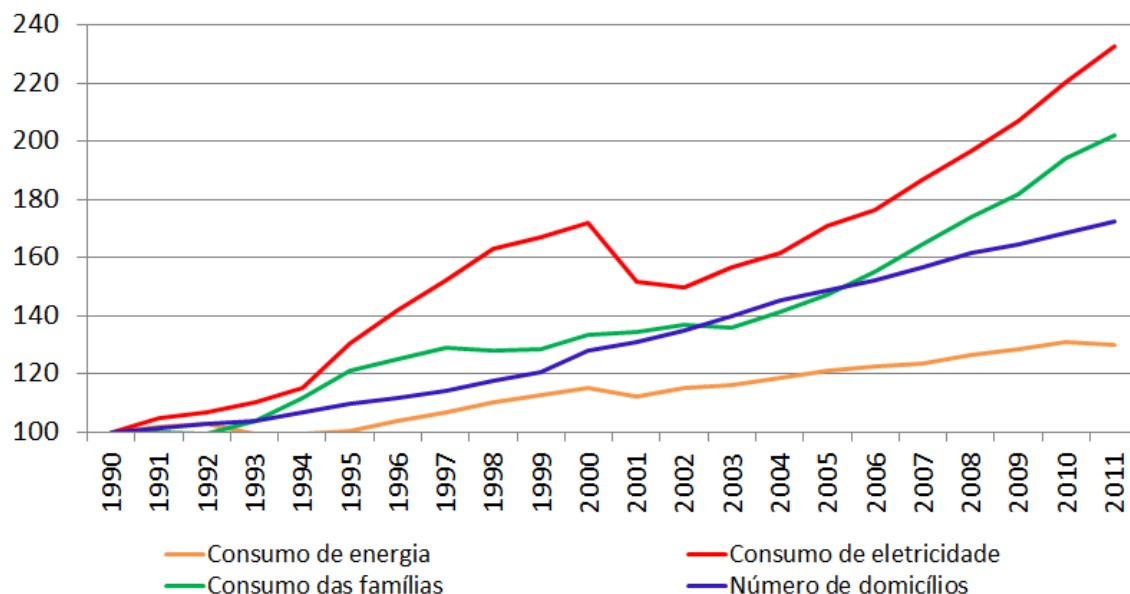


Figura 9 - Evolução do consumo de energia, consumo das famílias e número de domicílios no período 1990-2011 (1990= 100)

Fonte: EPE (2013b).

Foi durante este período que se intensificou o avanço rápido tanto no processo de aumento de renda per capita geral da população, quanto na redistribuição de renda no Brasil. Isso levou, por exemplo, a uma aceleração do aumento de posse e uso de eletrodomésticos nas residências brasileiras e crescimento da taxa de motorização da população.

Como resultado o consumo de eletricidade cresceu mais que 4,4% ao ano entre 2001 e 2011. A evolução da matriz energética nacional neste período é apresentada na Figura 10 e se destaca pelo alto índice de renovabilidade.

Embora tenha havido a redução da participação das renováveis na matriz energética brasileira (em 1990 a oferta interna totalizava 142,0 milhões de tep, sendo 49% destes oriunda de energia renovável), esta fração ainda se mantém com valores superiores a 40%, sendo um dos maiores percentuais de energias renováveis do mundo, conforme pode ser visto na Figura 11.

A matriz energética mundial em 2011, último dado consolidado, aponta 13,3% de fontes renováveis de energia. Isto corresponde a menos de 1/3 (um terço) da participação do mesmo grupo na matriz brasileira. No caso dos países que compõem a OCDE, a matriz energética do mesmo ano (2012) está disponível e a situação é ainda mais discrepante: as fontes renováveis somam apenas 9,0% da matriz, o que equivale a pouco menos de 1/5 (um quinto) da fração nacional.

Entre 1990 e 2000 a oferta interna de energia cresceu 3,0% ao ano, de 142,0 milhões de tep para 190,0 milhões de tep. A participação de energias renováveis nesta matriz apresentou redução de 49% para 41% devido a fatores tais como a substituição da lenha (contabilizada como 100% renovável)⁷, o aumento do consumo de derivados de petróleo (principalmente óleo diesel e gasolina), maior penetração do gás natural na matriz (início da operação do Gasoduto Bolívia-Brasil) e perda de participação do consumo de produtos da indústria sucroalcooleira (bagaço de cana e etanol).

De 2000 a 2010 a oferta interna de energia cresceu 3,5% ao ano, saindo de para 190,0 milhões de tep para 268,8 milhões de tep. Neste intervalo ocorreu expressiva retomada da atividade do setor sucroalcooleiro no Brasil, impulsionado pela introdução dos automóveis bicombustíveis (“flex fuel”) no Brasil em 2003. Cabe destacar que, nesse período, também houve retração de participação de derivados de petróleo em parte devido à substituição por gás natural.

Outro fato observado foi a continuidade do processo de substituição do consumo de lenha/carvão vegetal no país, bem como da perda de participação relativa da geração

⁷ Parte do consumo de lenha total no país ainda advém de desmatamento, de modo que essa fração não poderia ser, a rigor, considerada renovável.

hidrelétrica, compensada pela penetração de outras energias renováveis (em especial, energia eólica).

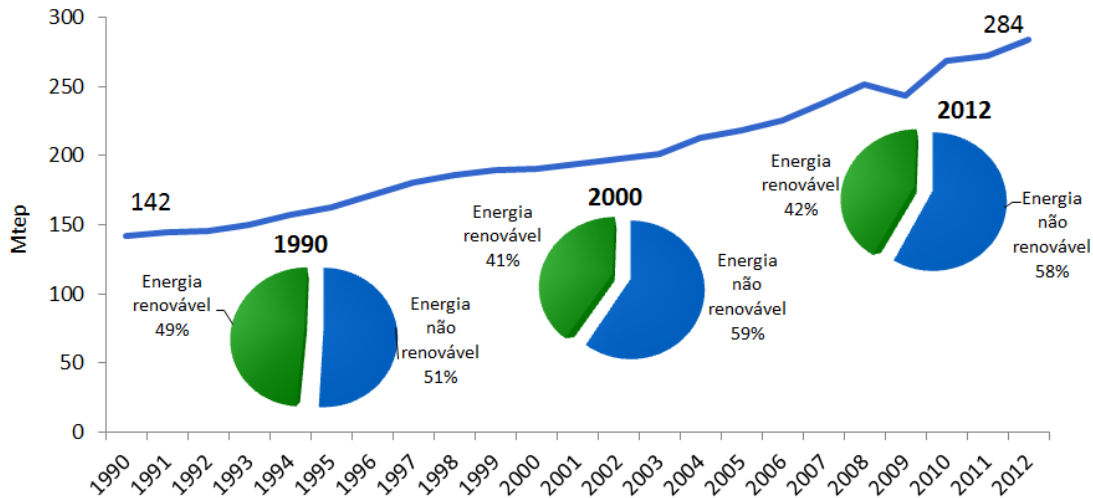


Figura 10 - Matriz Energética Brasileira
Fonte: EPE (2013c).

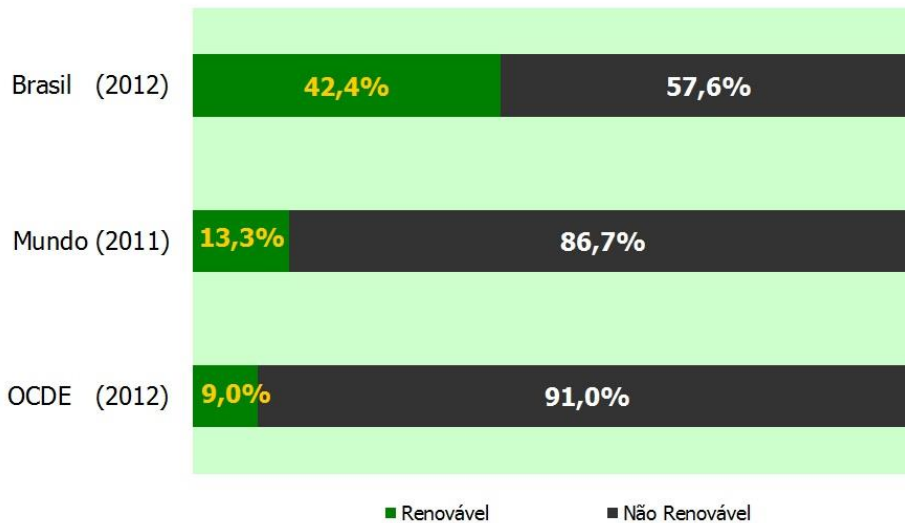


Figura 11 - Comparação Internacional do grau de renovabilidade de matrizes energéticas
Fonte: IEA (2013).

3. TENDÊNCIAS NO CONSUMO DE ENERGIA: POR COMBUSTÍVEL E POR SETOR

Os movimentos descritos anteriormente, em especial nos últimos anos podem ser visualizados nas figuras Figura 12, Figura 13, Figura 14 e na Tabela 5. Em 1990 a demanda total de energia, excluindo a parcela destinada ao setor energético, era de 105,1 milhões de tep e o suprimento era de 141,9 milhões de tep. À diferença percebida entre oferta e demanda se atribuem as perdas inerentes ocorridas nos centros de transformação, que processam a energia primária em secundária. Estes centros de transformação incluem: refinarias de petróleo, plantas de geração elétrica, coquearias, destilarias e UPGN's.

Após vinte e dois anos, em 2012, a demanda subiu para 213,9 milhões de tep e a oferta atingiu 283,6 milhões de tep. Neste intervalo a oferta de energia cresceu, em média, 3,2% ao ano, enquanto que o consumo aumentou a uma taxa de 3,3% ao ano.

O que permitiu que a demanda subisse mais que a oferta foram os ganhos de eficiência, em especial no setor residencial (substituição do consumo de lenha para combustíveis com processo de conversão mais eficiente, como o GLP e o gás natural) e a redução das perdas nos centros de transformação (com destaque para o aumento de eficiência em processos térmicos e de cogeração).

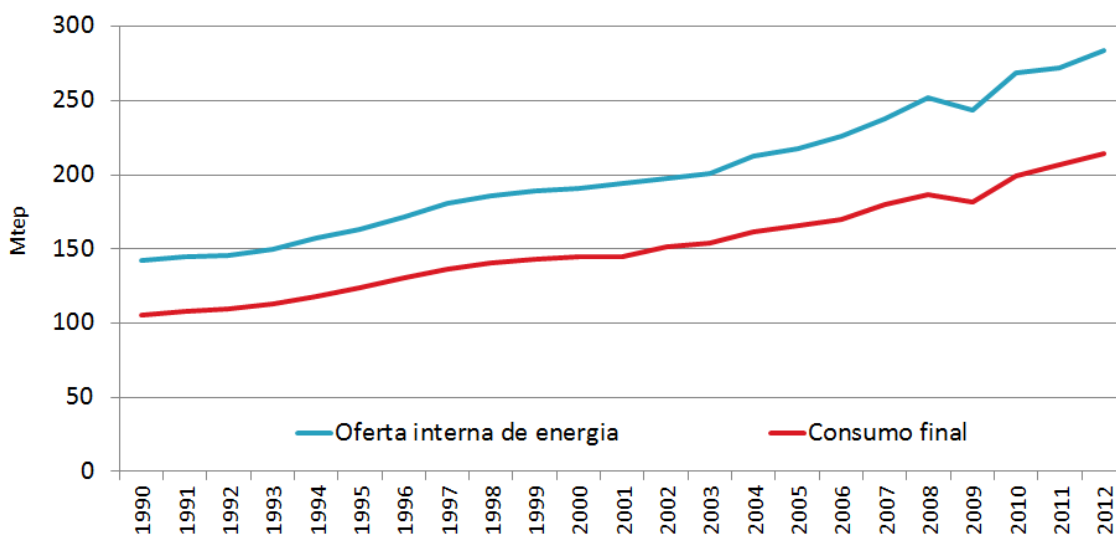


Figura 12 - Oferta Interna de Energia e Consumo Final

Fonte: EPE (2013c).

Quando se comparam duas matrizes energéticas separadas por uma década é possível identificar algumas tendências. Conforme mostrado na Tabela 5 e na Figura 13, houve crescimento relativo do agregado “produtos da cana” (etanol e bagaço de cana), das “outras fontes renováveis” (majoritariamente resíduos agrícolas e industriais), do urânio e do gás natural.

Tabela 5 - Oferta Interna de Energia

[10 ³ tep]	1990	2000	2010	2012	Δ% a.a. (2012/2000)
Petróleo e derivados	57.749	86.743	101.714	111.193	+2,1%
Gás natural	4.337	10.256	27.536	32.598	+10,1%
Coque e carvão mineral	9.598	12.999	14.462	15.287	+1,3%
Urânio (U ₃ O ₈)	598	1.806	3.857	4.286	+7,5%
Hidráulica e eletricidade	20.051	29.980	37.663	39.181	+2,6%
Lenha e carvão vegetal	28.537	23.060	25.998	25.735	+0,9%
Derivados da cana-de-açúcar	18.988	20.761	47.102	43.572	+6,4%
Outras renováveis	2.126	4.438	10.440	11.754	+8,5%
Total	141.983	190.043	268.771	283.607	+3,4%

Fonte: EPE (2013c).

Em contrapartida, houve decréscimo do agregado derivados de petróleo, do coque e carvão mineral, da eletricidade e da lenha. No caso dos derivados de petróleo é possível identificar que a gasolina perdeu participação para o etanol no transporte automotivo e que o GLP perdeu uma fração para o gás natural na cocção e no aquecimento de água em residências.

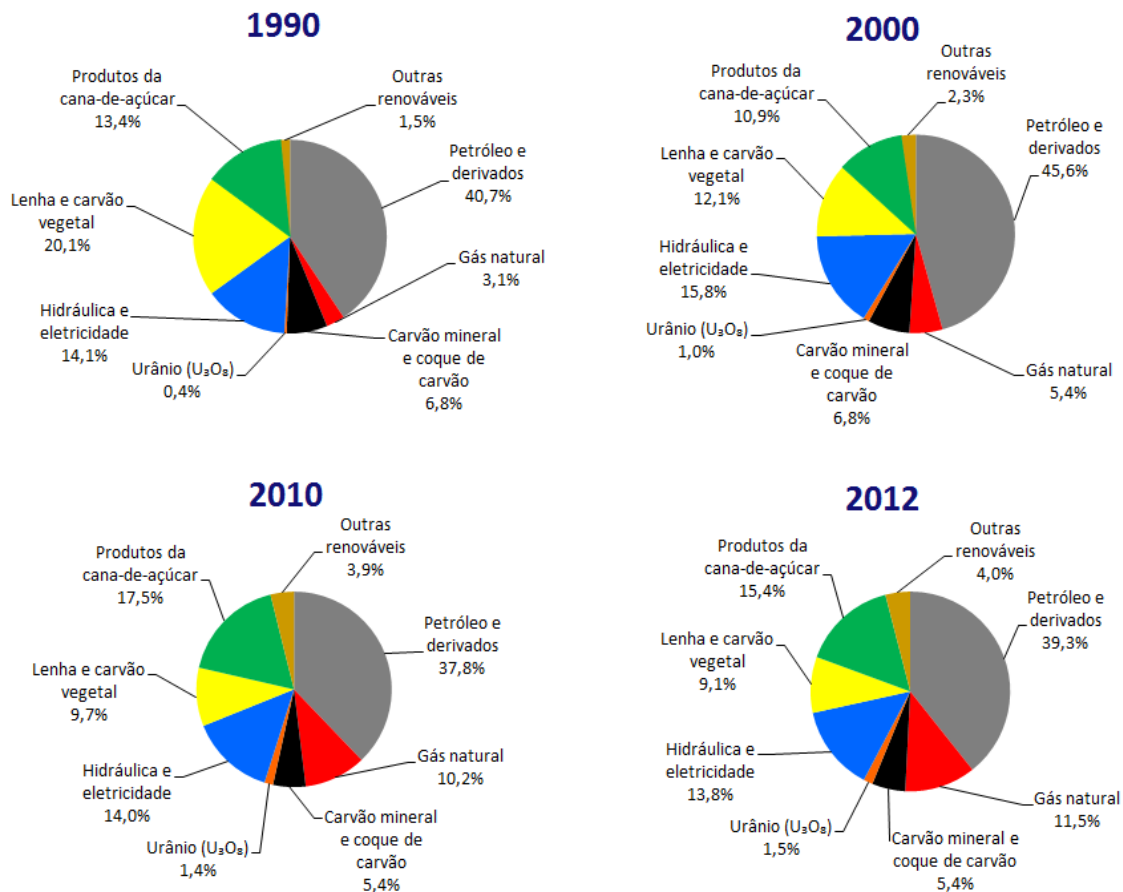


Figura 13 - Matriz Energética por Fonte - 1990, 2000, 2010 e 2012
 Fonte: EPE (2013c).

Outra análise da evolução da matriz energética brasileira envolve o corte setorial, excluindo-se a parcela não energética, usada como matéria prima (Figura 14). Em 2000, a indústria era responsável pela maior demanda, com 39% do total. Juntamente com o segmento transportes, somava quase 70% da matriz energética. Em seguida

aparecem os setores residencial (com 13%), energético (com 8%), agropecuário e comercial & público (cada um com 5%).

Em 2010 a fração da indústria caiu para 38%, ainda que a liderança tenha se mantido. O setor transportes registrou ligeiro aumento (com 31%), enquanto que o segmento agropecuário caiu para 4%. Neste período, o setor energético apresentou o maior ganho de participação e o setor residencial, a maior redução.

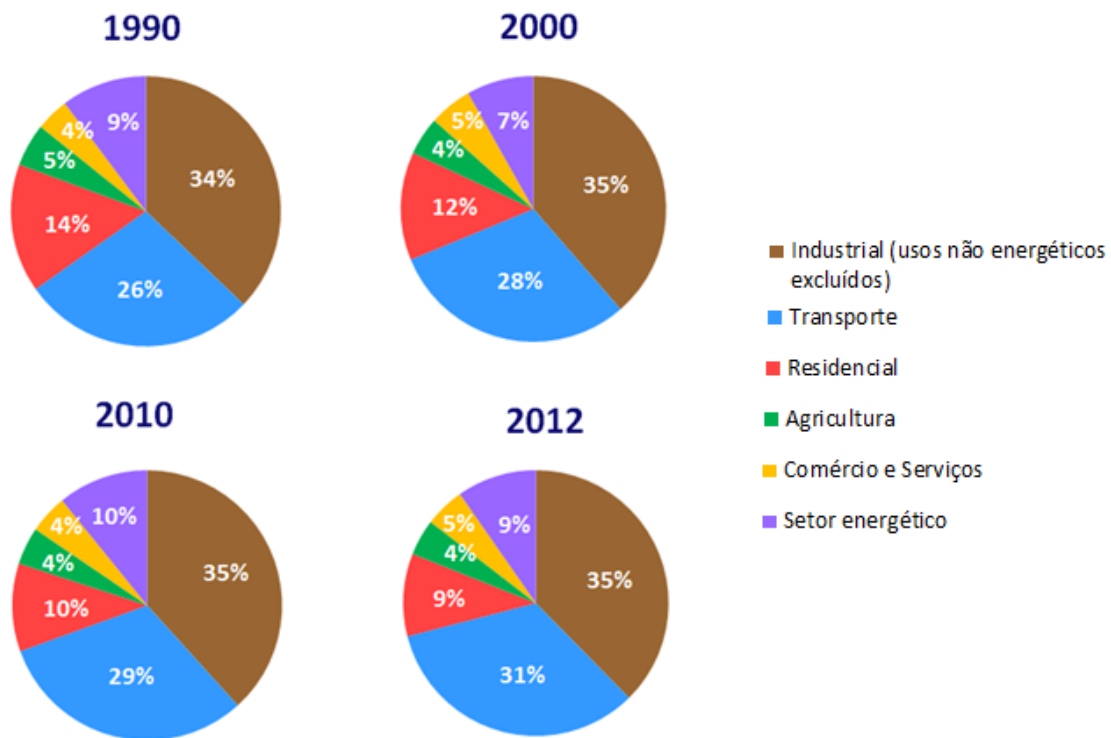


Figura 14 - Consumo de Energia por Setor - 1990, 2000, 2010 e 2012

Fonte: EPE (2013c).

Ao se incluir o montante de demanda não energética o panorama pouco se altera, em razão desta parcela crescer a uma taxa inferior à média da energia total (+3,4% ao ano). Na Tabela 6 se destaca a variação do setor energético entre 2010 e 2000 (+6,6% ao ano), que foi o dobro da taxa observada na indústria na década de 2000.

É muito importante destacar o crescimento do setor energético (88,9%) em 10 anos, um aumento de 11,4 milhões de tep. Este montante supera o consumo total do setor agropecuário no Brasil em 2010 (10,0 milhões de tep). Como ficará claro mais adiante,

este movimento explica bastante dos indicadores de eficiência energética neste período.

Tabela 6 - Demanda de Energia por Setor

[10 ³ tep]	1990	2000	2010	2012	$\Delta\%$ a. a. (2012-2000)
Consumo não energético	9.953	14.293	17.686	16.678	+1,3%
Setor Energético	12.042	12.847	24.263	22.888	+4,9%
Setor Residencial	18.048	20.688	23.562	23.761	+1,2%
Setor Comercial	2.936	4.968	6.731	7.710	+3,7%
Setor Público	1.732	3.242	3.636	3.749	+1,2%
Setor Agropecuário	6.027	7.322	10.029	10.362	+2,9%
Setor Transportes	32.964	47.385	69.720	79.308	+4,4%
Setor Industrial	43.523	61.204	85.567	88.966	+3,2%
Total	127.535	171.949	241.194	253.422	+3,3%

Fonte: EPE (2013c).

Uma maneira didática e muito útil de representar os fluxos energéticos e elétricos de uma sociedade é através de diagramas de fluxo. As Figura 15, Figura 16 e Figura 17 são diagramas que representam graficamente os principais fluxos de energia no Brasil em 2000 e 2010, respectivamente. Analogamente, as Figura 18, Figura 19 e Figura 20 representam os fluxos elétricos no país nos mesmos anos.

Em ambos os casos, as componentes de entrada (oferta) estão à direita do diagrama e as derivações (consumo) estão à esquerda. O bloco central representa a Oferta Interna Bruta e a Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE), respectivamente.

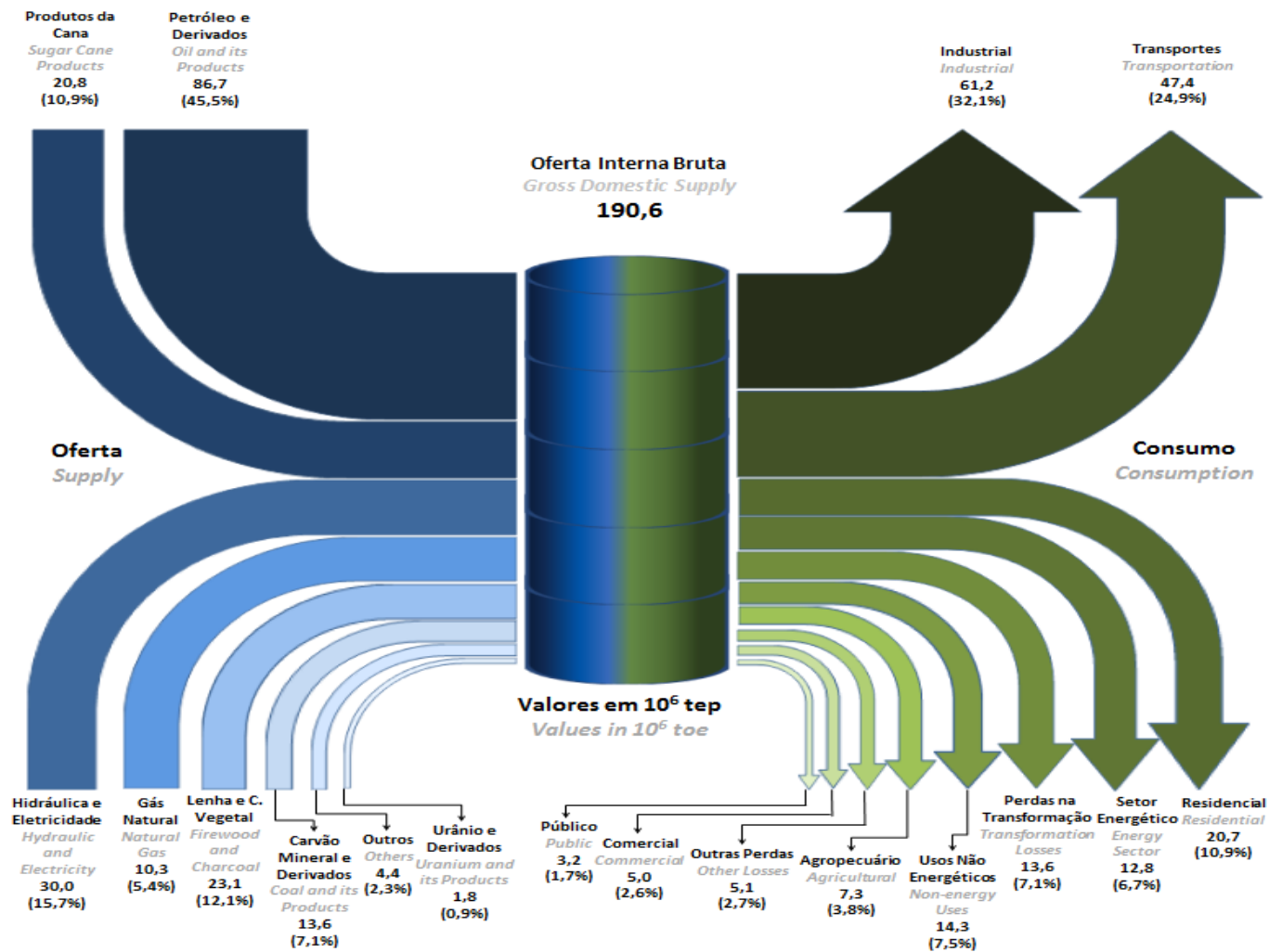


Figura 15 - Fluxo Energético - ano base 2000
 Fonte: EPE (2013c, adaptado).

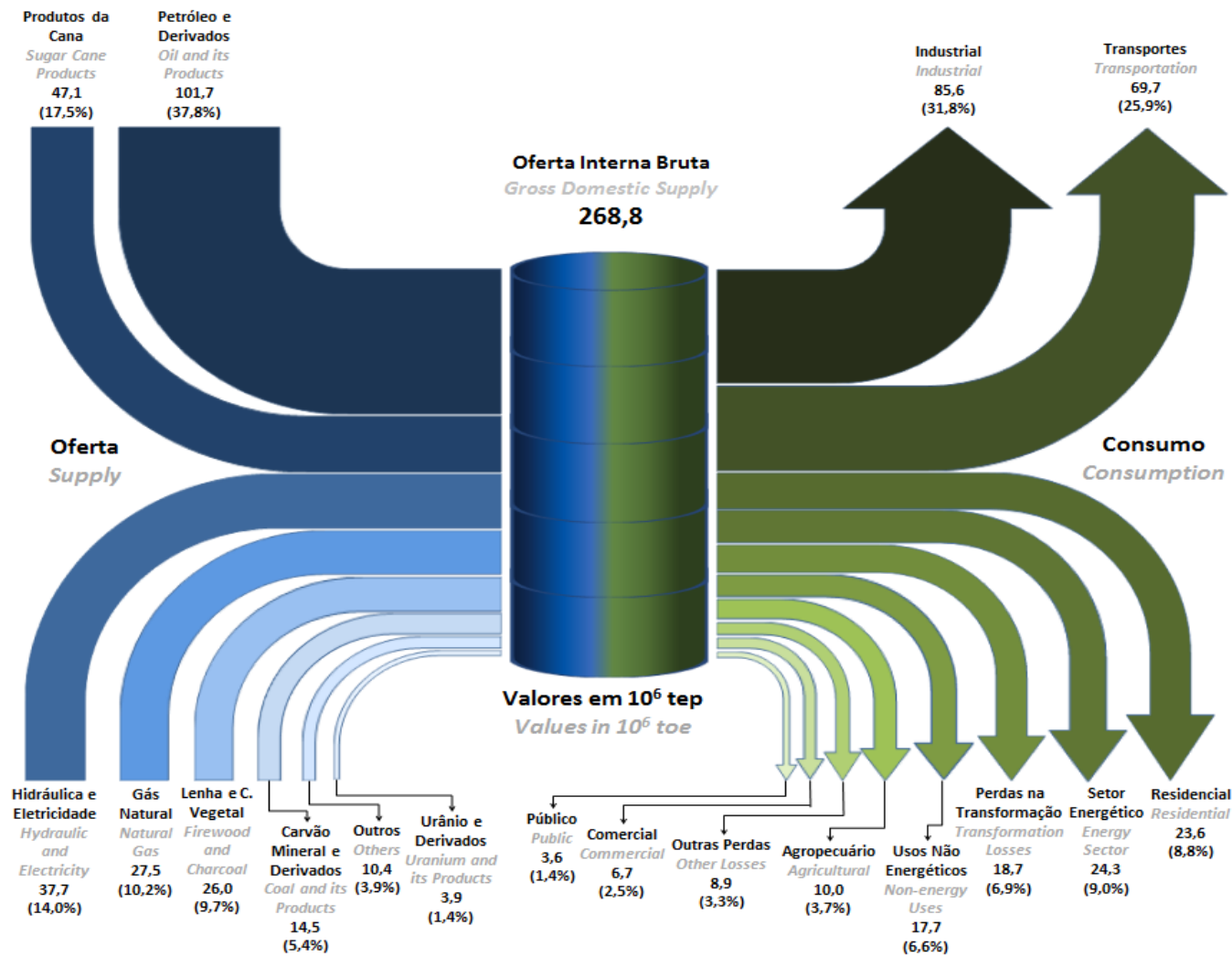


Figura 16 - Fluxo Energético - ano base 2010
Fonte: EPE (2013c, adaptado).

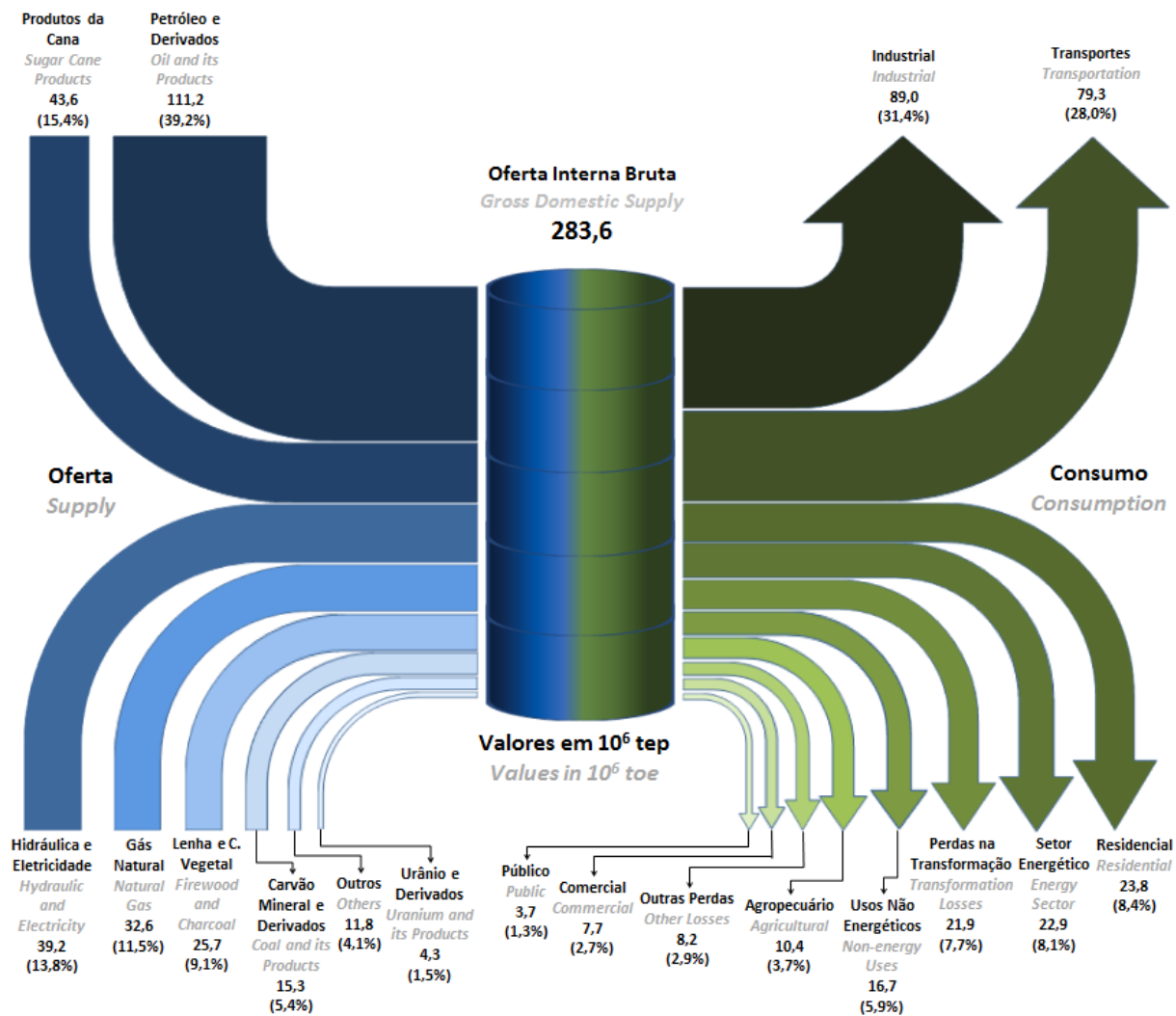


Figura 17 - Fluxo Energético - ano base 2012
Fonte: EPE (2013c, adaptado).

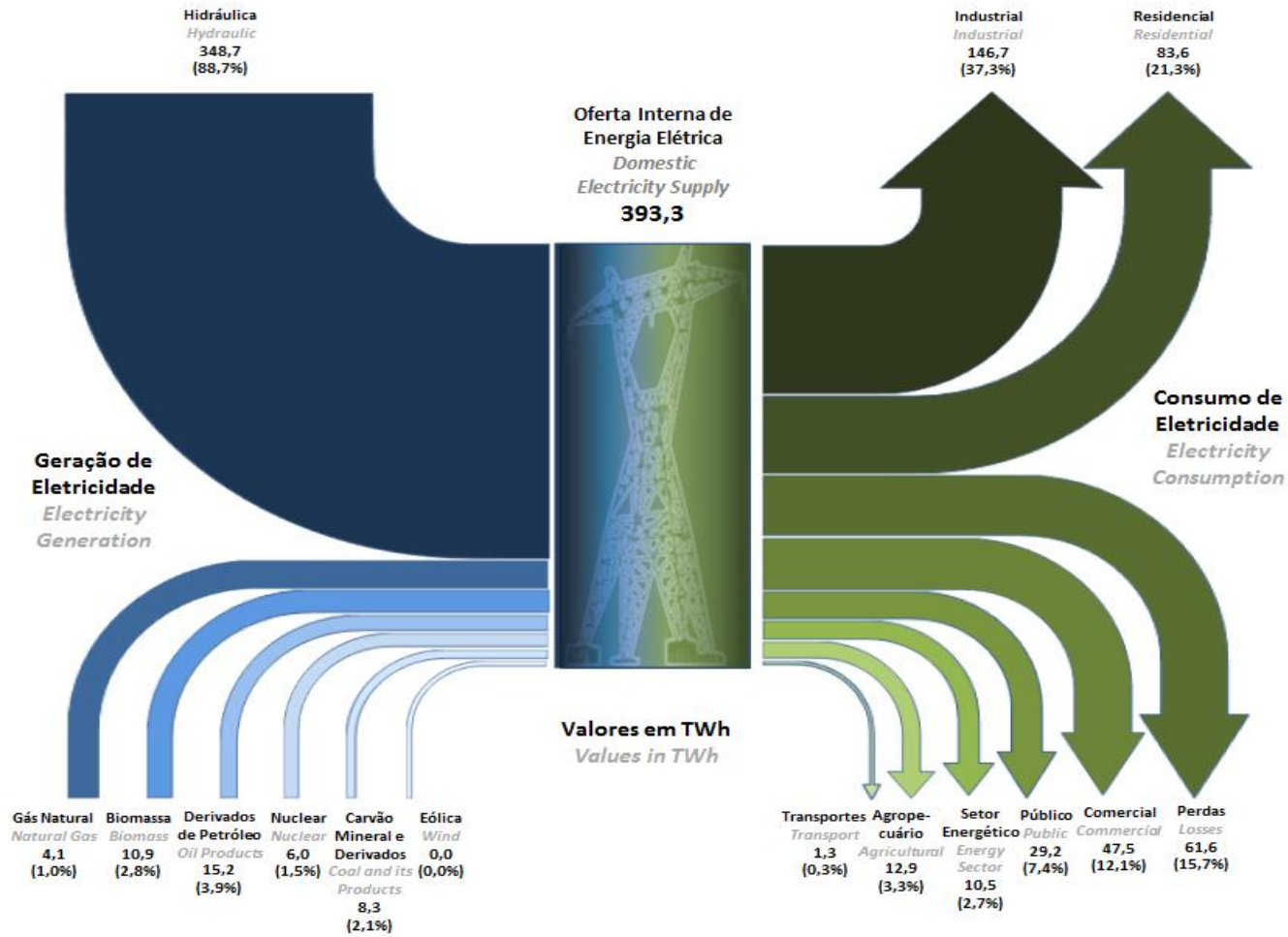


Figura 18 - Fluxo Elétrico - ano base 2000
Fonte: EPE (2013c, adaptado).

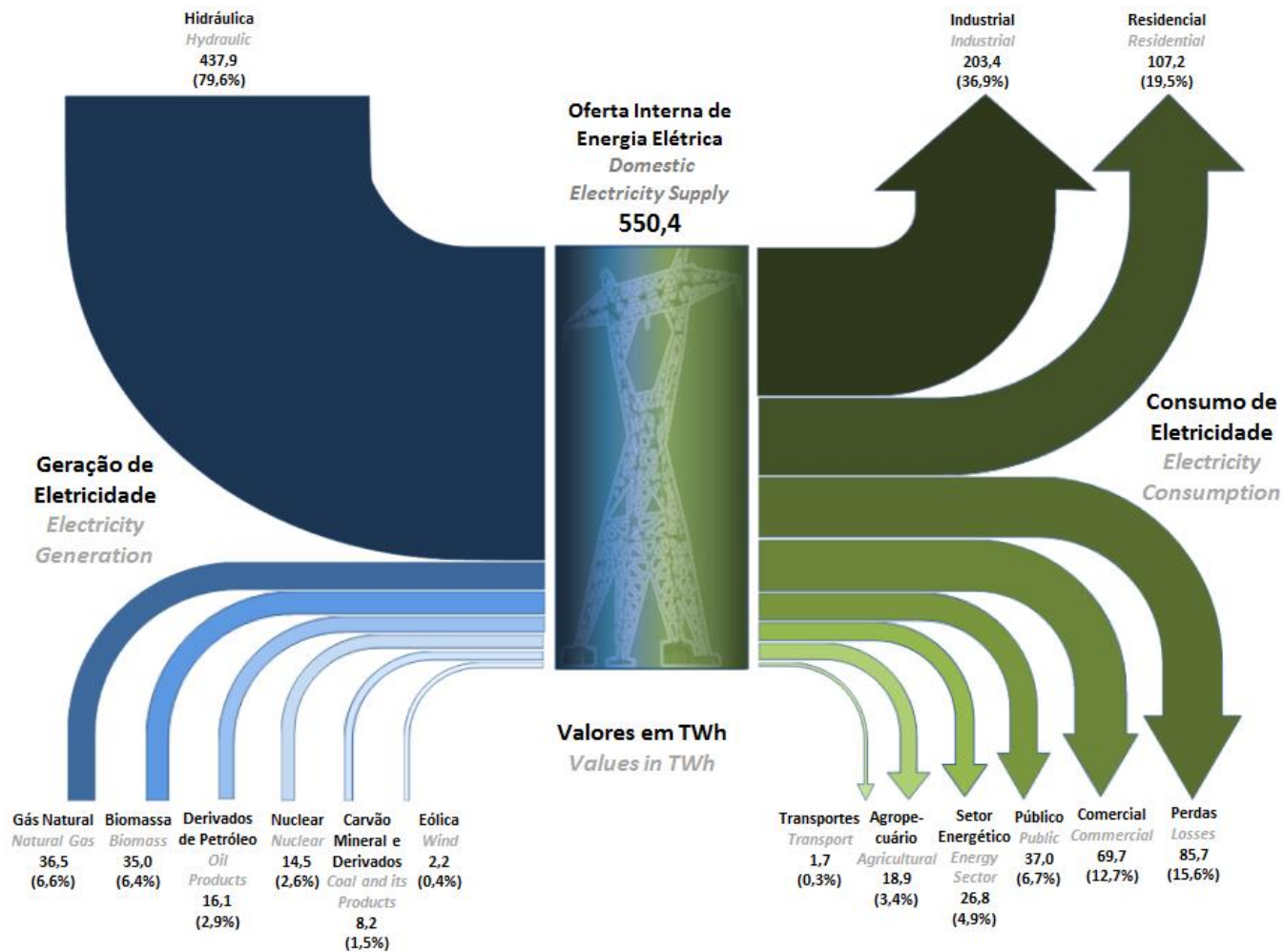


Figura 19 - Fluxo Elétrico - ano base 2010
 Fonte: EPE (2013c, adaptado).

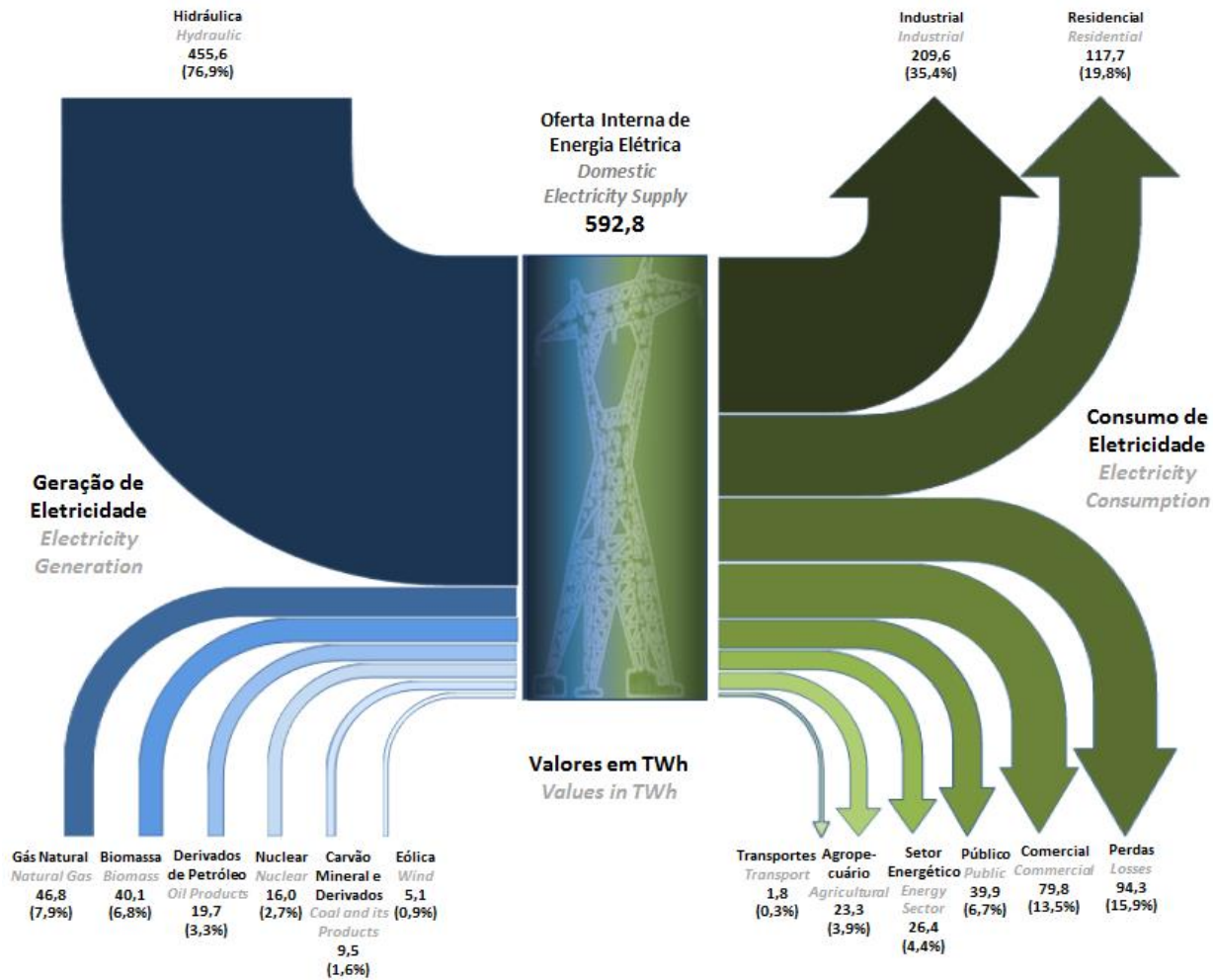


Figura 20 - Fluxo Elétrico - ano base 2012
Fonte: EPE (2013c, adaptado).

4. TENDÊNCIA GERAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

4.1 Intensidade energética primária

A Figura 21 ilustra a evolução das intensidades energéticas primária e final no Brasil, entre 1990 e 2012, tomando como parâmetro o patamar verificado em 2000 (valor no ano 2000=100).

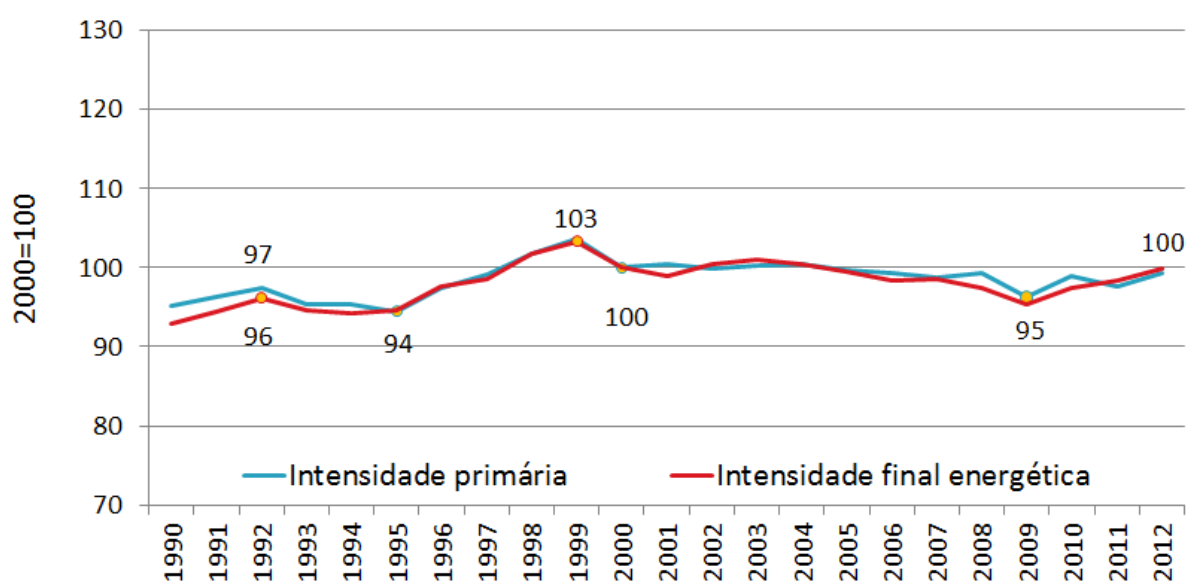


Figura 21 - Evolução da intensidade energética primária e final no Brasil.

Fonte: EPE (2013b).

Observa-se que na década de 1990 a tendência de ambas as curvas é ascendente, quando se atinge o pico (patamar 103). A partir de 1999 há um declínio das intensidades, em decorrência da crise de racionamento de eletricidade.

Entre 2001 e 2008 o comportamento é estável, em torno do nível 100. Em 2009 a crise financeira global afetou a indústria nacional, especialmente a metalurgia e a mineração. Por consequência, a intensidade energética caiu para o índice 95. Nesse ano em especial, se observou a desativação de unidades mais ineficientes (menos competitivas), além de estes segmentos industriais apresentarem maior magnitude das intensidades energéticas. A partir daí há uma retomada gradual, com a volta ao índice 100 no ano 2012.

Quando a avaliação passa a ser feita por períodos, como na Figura 22, é possível evidenciar alguns efeitos. No início do quinquênio de 1990 a 1995 houve um momento de muita dificuldade econômica para as famílias brasileiras, quando a taxa de inflação era muito

elevada e o Governo Federal decidiu restringir a circulação de moeda na economia, decretando um bloqueio de cadernetas de poupança no Brasil. Foi uma medida política desastrosa, pois além de ter sido muito impopular, não surtiu o efeito macroeconômico desejado.

Em 1994 há o lançamento do Plano Real, que foi bem sucedido na missão de reduzir sensivelmente a inflação no Brasil. Nesse intervalo a intensidade primária caiu 0,2% ao ano e a intensidade final cresceu 0,4% ao ano.

No trecho entre 1995 e 1999 há incidência do maior poder de compra da população, a partir do momento em que houve controle inflacionário. Neste período a intensidade primária cresceu 2,3% ao ano e a intensidade final subiu 2,2% ao ano.

No início de 1999 a economia brasileira sofre uma crise de desvalorização monetária, com reflexo imediato em vários segmentos industriais. Apesar de o Produto Interno Bruto ter crescido em média 2,8% ao ano, entre 1999 e 2001, a intensidade primária reduziu 1,5% ao ano e a intensidade final variou -2,1% ao ano. Cabe lembrar que houve a crise de racionamento elétrico de 2001, que impactou principalmente a produção industrial brasileira e as famílias.

Entre 2001 e 2008, após o período de racionamento, ocorre um movimento de retomada econômica, com variação do PIB em torno de +4,0% ao ano. Inicialmente houve a crise de racionamento elétrico de 2001, que impactou principalmente a produção industrial brasileira e as famílias. Também é relevante citar que as políticas sociais implantadas desde o começo desta década promoveram uma melhor distribuição de renda no Brasil, além da redução da pobreza extrema. A intensidade primária caiu 0,2% e a intensidade final reduziu 0,3%, ambas em médias anuais.

Entre 2008 e 2012 a economia nacional apresentou comportamento razoável, mesmo levando-se em conta a ocorrência da severa crise econômica global de 2008. A variação do PIB foi de 2,7% ao ano, a intensidade primária ficou estável e a intensidade final aumentou 0,8% ao ano.

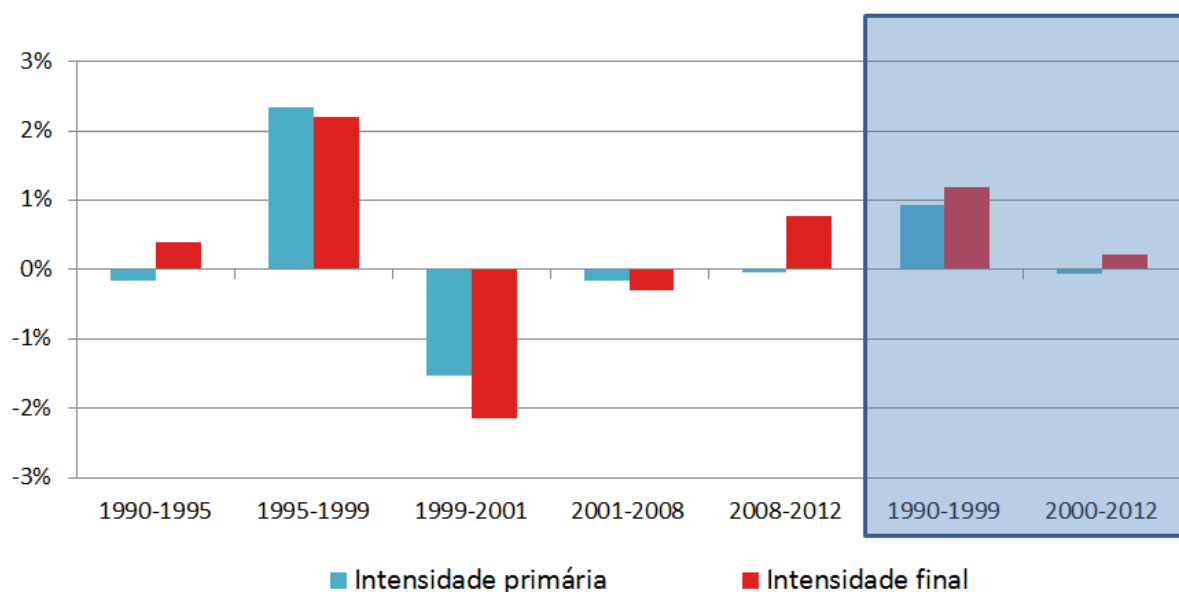


Figura 22 - Intensidades Energética Primária e Final no Brasil, por Período
 Fonte: EPE (2013b).

Quando agregamos mais anos em um intervalo, os indicadores passam a oscilar menos e, conseqüentemente, o padrão observado se torna mais comportado. Na década de 1990 a intensidade primária registrou aumento médio de 0,9%, ao passo que a intensidade final aumentou 1,2% anualmente.

Entre 2000 e 2012 as variações foram de -0,1 e +0,2% ao ano para as intensidades primária e final, respectivamente. Nos últimos 22 anos, de 1990 a 2012, houve aumentos anuais pequenos: +0,2% na intensidade primária e +0,3% na intensidade final.

Como visto, em valores absolutos a intensidade energética apresentou variação muito reduzida de 1990 até 2012. A Figura 23 faz a decomposição do indicador em três parcelas: intensidade energética final, geração elétrica e outras transformações.

Em 1990 a intensidade primária valia 281 tep/MUS\$[2000] (milhão de dólares constantes do ano 2000). O indicador atingiu seu pico em 2001, com 300 tep/MUS\$[2000] e terminou o ano de 2012 com 288 tep/MUS\$[2000].

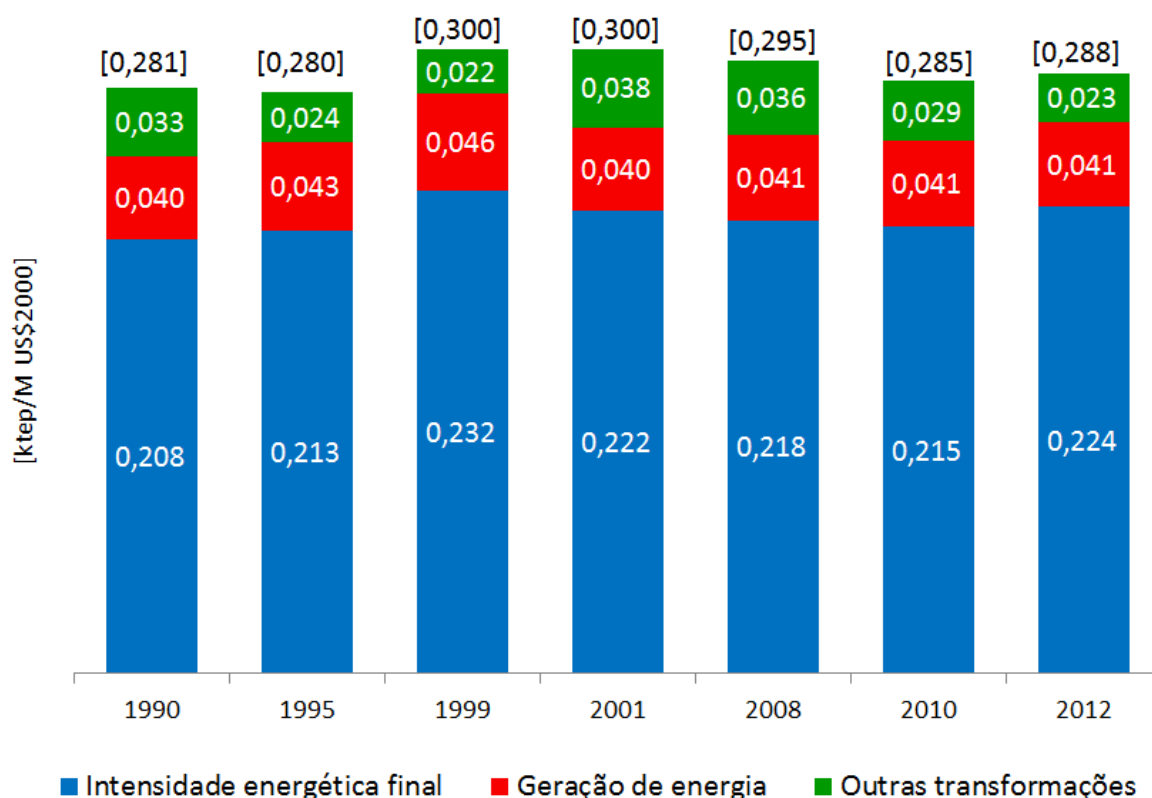


Figura 23 - Intensidade Energética Primária - Decomposição.
 Fonte: EPE (2013b).

Analisando essas informações, observa-se que a intensidade final energética oscilou entre 208 tep/MUS\$[2000] e o patamar de 224 tep/M US\$[2000] em 2012, com máximo de 232 tep/MUS\$[2000] em 1999. A geração elétrica aparece variando pouco, entre 40 tep/MUS\$[2000] em 1990 e 46 tep/MUS\$[2000] em 1999. As demais transformações também mantiveram nível razoavelmente estável, com mínima de 23 tep/MUS\$[2000] em 2012 e máxima de 38 tep/MUS\$[2000] em 2001.

Ao analisar a variação por período, como visto na Figura 24, é preciso considerar que a intensidade primária é influenciada pelo “mix” de geração de energia (hidráulica, térmica e eólica) em cada momento, além da intensidade energética final.

Isto posto verifica-se que a janela de maior crescimento da intensidade primária e da intensidade final foi entre 1995 e 1999, quando se registraram médias de 2,3% e 2,2% ao ano, respectivamente. Nesta época a hidráulica ficou estável em cerca de 90% da matriz elétrica nacional.

No período 1990-1995 a intensidade primária reduziu. Ou seja, para a mesma agregação de valor da economia se usou menos energia em 1995 do que em 1990. E a explicação para

isto está, em especial, na queda observada na transformação e no pouco aumento na intensidade final. Neste mesmo período pouco se alterou a intensidade nas transformações.

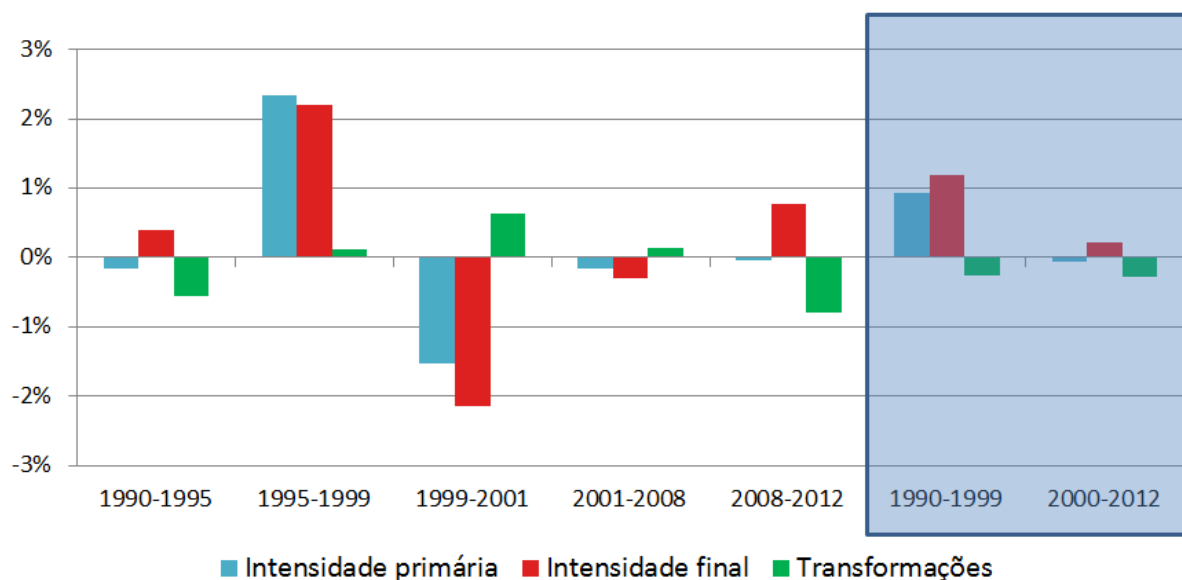


Figura 24 - Intensidade Energética e Transformações

Fonte: EPE (2013b).

Em contraponto, 1999 a 2001 foi o intervalo com maior decréscimo de ambos indicadores: -1,5% e -2,1% ao ano, nesta ordem, em especial devido à redução da intensidade energética final. Foi à época do racionamento elétrico, com incentivos para redução significativa do consumo de energia elétrica (em especial) e ampliação da geração térmica e, conseqüentemente, redução da parcela hidráulica na matriz elétrica. As transformações aumentaram 0,65% ao ano naquele triênio.

A volatilidade observada em períodos de crise ao que se parece é ajustada quando se analisa os últimos 22 anos. Considerando o período inteiro, constatam-se incrementos de 0,2% ao ano na intensidade primária e de 0,3% ao ano na intensidade final. As transformações decaem a uma taxa média anual de 0,2%.

Se a tendência observada nestes períodos se explica pela evolução da intensidade de energia final e da transformação, um zoom na transformação é enriquecedor para a análise, o que será feito na seção seguinte.

4.2 Intensidade energética final

Embora a transformação tenha tido seu papel a intensidade energética final foi a principal responsável pelos movimentos na intensidade energética primária. Sendo assim, a Figura 25 apresenta a decomposição do indicador intensidade energética por setor. A participação da indústria é a maior fração, tendo sido de 37% em 1990 e de 39% em 2012 (valor máximo de 40% em 2004).

Em segunda posição surge o segmento transportes, oscilando em torno de 30% do total. Começou a série apresentada com 28% e terminou com fração de 32%. Na sequência o setor residencial tem mostrado participação decrescente, tendo reduzido sucessivamente sua fatia: de 15% em 1990 para 10% em 2012.

O segmento comércio e serviços registra participação com tendência ascendente, iniciando a janela temporal com 8% e finalizando com 11% do montante global. Por último resta a atividade agropecuária, também estável no decorrer da série, com cerca de 10%.

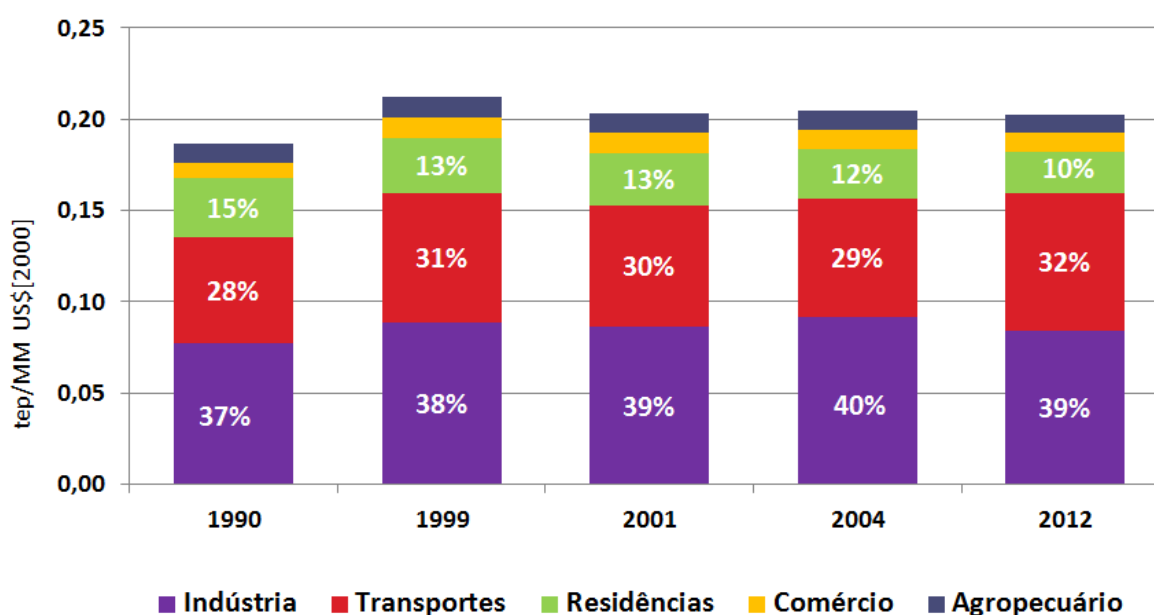


Figura 25 - Intensidade Energética Final por Setor
Fonte: EPE (2013b).

A Figura 26 mostra o diagrama conhecido como “Sendero Energético”, o qual relaciona intensidade energética e PIB per capita, possibilitando avaliar o processo de eficientização da oferta e demanda de energia em um país.

Durante a década de 1970 o principal destaque foi a redução da participação da lenha, de 47% para 27% da oferta interna de energia. Por dez anos seguidos houve redução do indicador intensidade energética (-27%) com aumento do PIB per capita (+179%).

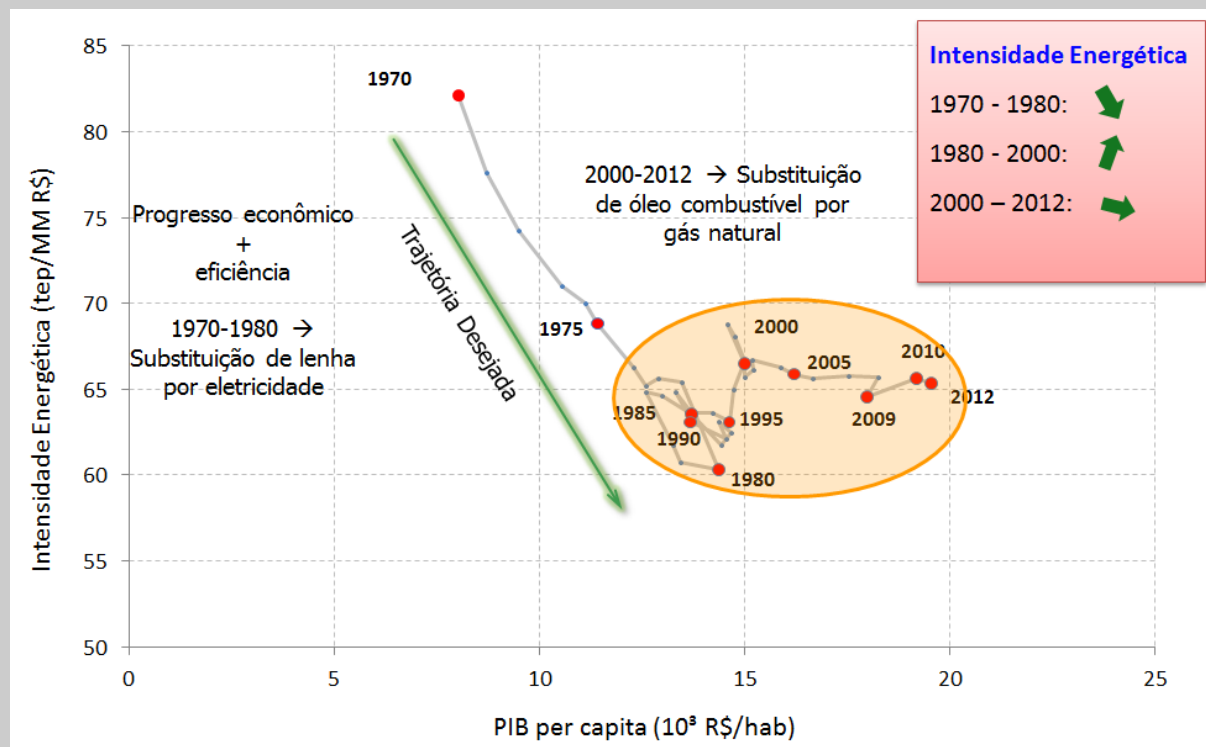


Figura 26 - Sendero Energético - Brasil
 Fonte: EPE (2013a).

Durante a década de 80 diversos problemas afetaram o investimento em infraestrutura no país. Nesta década houve redução do PIB per capita (-0,5% ao ano) e um aumento da intensidade energética da economia (+0,5% ao ano).

Nos anos 90, observou-se crescimento da intensidade energética associado à retomada do setor industrial e do setor transporte. Além disso, a influência da estabilização econômica proporcionada pelo Plano Real melhorou o poder aquisitivo da população, com consequente implicação no consumo de energia.

No início do milênio o país ainda apresentava elevado passivo social e gargalos importantes de infraestrutura. Diante deste contexto, ocorreu em 2001 o racionamento de eletricidade. Observou-se uma importante elevação do PIB per capita (2,4% ao ano) e a manutenção do patamar da intensidade energética da economia. A oferta interna cresceu 3% ao ano, chegando a cerca de 270 milhões de tep em 2010.

Quando comparado com agropecuário e serviços o segmento industrial é o setor mais energointensivo (Figura 27) e vem crescendo a intensidade energética em torno de 1% ao ano nos últimos 22 anos. Isto se deve a recentes expansões em atividades como pelletização, siderurgia, celulose e bauxita.

A atividade agropecuária vem reduzindo a intensidade energética desde 1990, com taxa de 1,0% ao ano. Apresentando performance bem significativa está o setor serviços, embora em um patamar significativamente inferior aos outros dois, vem crescendo a intensidade energética à taxa de 1,9% ao ano.

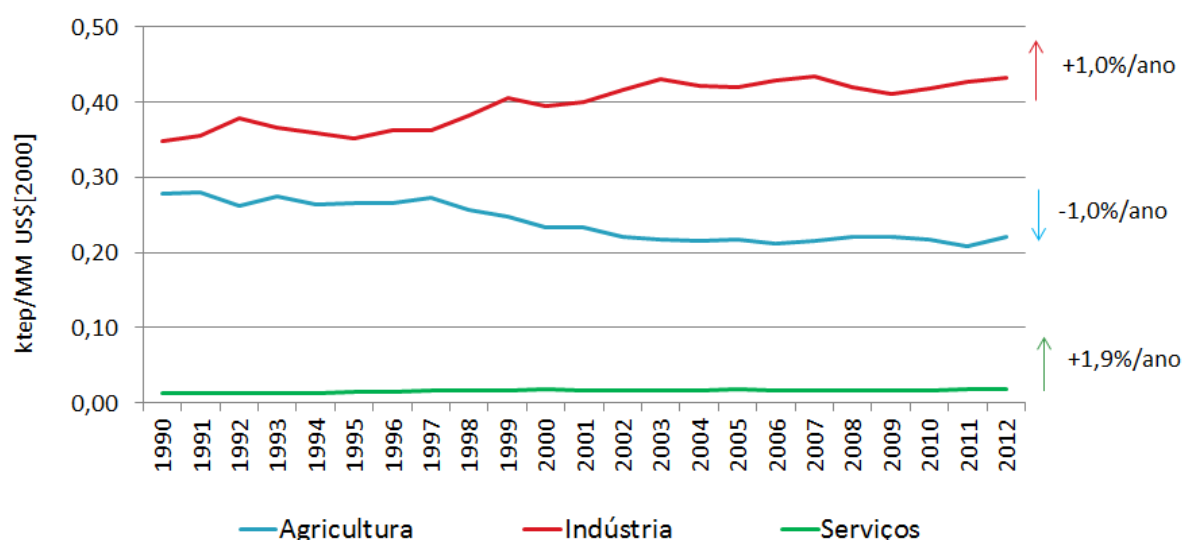


Figura 27 - Intensidade Setorial - Variação Anual

Fonte: EPE (2013b).

Em seção posterior, além da transformação, será analisada em detalhes a intensidade de energia final da indústria, de modo a explicar a origem da evolução nos últimos anos.

5. TENDÊNCIAS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS CENTROS DE TRANSFORMAÇÃO

Conforme visto anteriormente, considerando o período 1990-2012 houve pouca alteração na intensidade da transformação. No entanto, neste período, em especial nos momentos de crescimento ou *boom* econômico, há elevação da volatilidade do indicador. Nesta seção isto será esclarecido a partir do detalhamento dos centros de transformação.

Em primeiro lugar é necessário estabelecer uma diferenciação conceitual entre a demanda de energia do setor energético e a eficiência de conversão de energia primária em secundária neste setor, compostos pelos centros de transformação. No Brasil os centros de transformação incluem as seguintes categorias:

- Refinarias de petróleo;
- Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN's);
- Usinas de gaseificação;
- Coquearias;
- Ciclo do combustível nuclear;
- Centrais elétricas de serviço público;
- Centrais elétricas autoprodutoras;
- Carvoarias;
- Destilarias;
- Outras transformações;

Nesta diferenciação, a demanda de energia deste setor corresponde ao consumo próprio destes centros de transformação, necessário para que ocorra a conversão de fontes de energia primária em energia secundária. Corresponde, assim, à energia utilizada nos equipamentos destas unidades, para que esses processos de conversão ocorram.

Por outro lado, a eficiência de conversão nestes centros de transformação refere-se à diferença de conteúdo energético entre os produtos de saída e os insumos, o que implica

em perdas no processo, tendo referência a 1ª Lei da Termodinâmica⁸. Cabe destacar que, embora em situações o consumo próprio seja incluído nestas perdas, para fins deste documento, as perdas em centros de transformação não incluirão a parcela de consumo próprio.

A Tabela 7 e a Figura 28 apresentam a fração da energia disponível na sociedade que é utilizada como autoconsumo nos centros de transformação. Esta demanda própria aumentou 89% em valores absolutos no período compreendido entre 2000 e 2010, de 12.847 mil tep para 24.263 mil tep, majoritariamente em razão do aumento no aproveitamento de óleo diesel e gás natural (em plataformas de petróleo) e do bagaço de cana (para cogeração nas unidades sucroalcooleiras).

Tabela 7 - Demanda de Energia no Setor Energético

Consumo de energia por segmento	1990	2000	2010	2012
Setor energético [10^3 tep]	12.042	12.847	24.263	22.888
Setor energético (% da demanda total)	9,4%	7,5%	10,1%	9,0%

Fonte: EPE (2013c).

⁸ Neste caso, não se considera qualquer análise relativa à exergia de insumos e produtos, conforme preconiza a 2ª Lei da Termodinâmica.

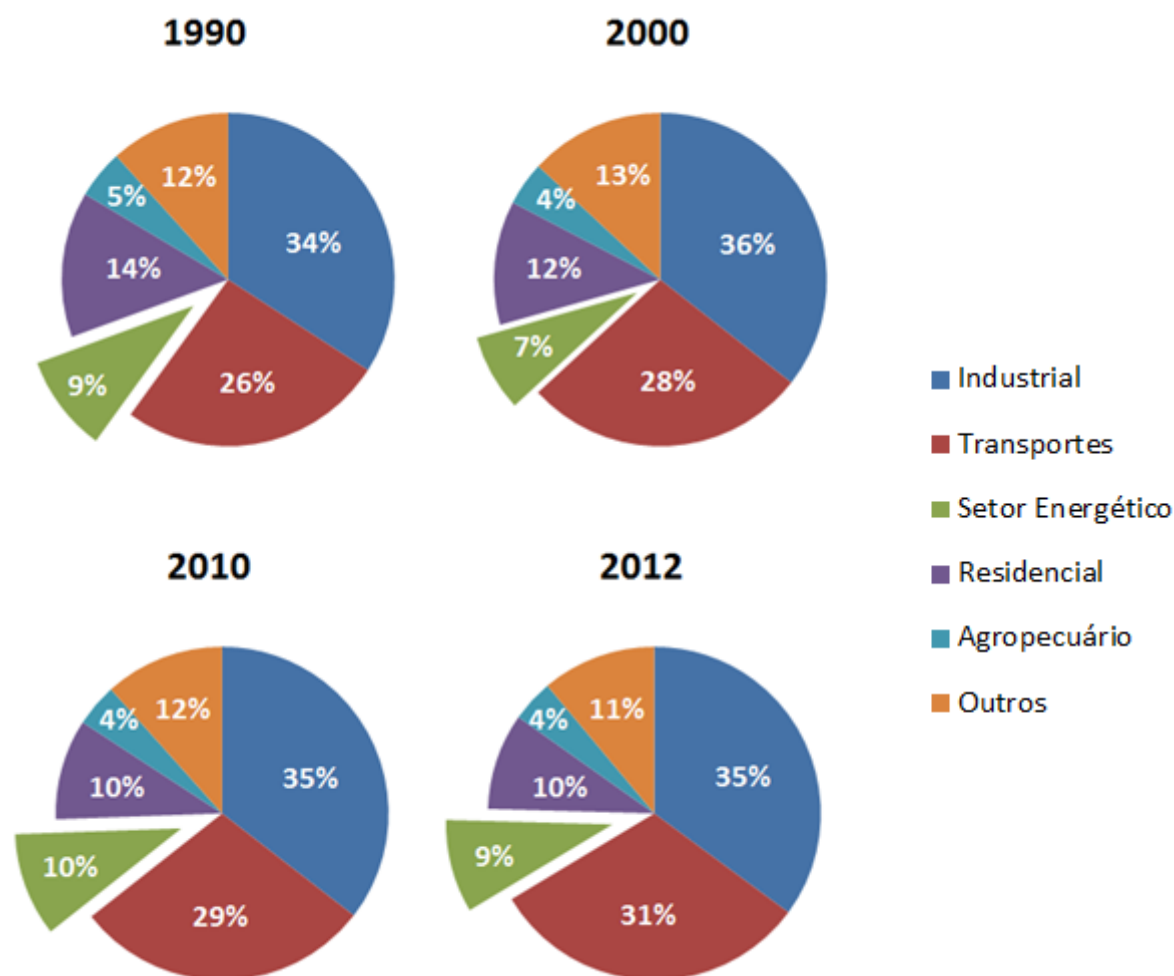


Figura 28 - Consumo Final de Energia do Setor Energético
 Fonte: EPE (2013c).

Em termos percentuais a fração do setor energético em relação à demanda total do Brasil subiu para 10,1% em 2010, denotando uma posição de destaque na matriz, como terceiro maior setor consumidor de energia final no país, atrás somente da indústria e dos transportes. O segmento que mais contribuiu para este aumento percentual foi o sucroalcooleiro (incremento de 238% na década de 2000).

A Tabela 8 resume a demanda própria de energia no setor energético, com detalhamento em relação às principais atividades do segmento. Juntas, as indústrias do petróleo (*upstream* e *downstream*) e do gás natural responderam por cerca de 37% do autoconsumo do setor em 2010.

Apesar do incremento no consumo de óleo diesel em decorrência do ritmo de atividades de exploração e produção de petróleo na região do Pré-Sal, houve redução da fração relativa da indústria do petróleo e gás natural, uma vez que em 2000 elas somavam pouco mais da metade do montante global (51%).

Em 2010 a maior parcela foi verificada nas destilarias, com 55% do setor energético, ante 44% registrados em 2000, o que representa um aumento médio anual de relevantes 9,0% em valores absolutos.

O terceiro segmento mais relevante é o de geração de eletricidade, que se manteve em torno do patamar de 2% do total durante a década de 2000, subindo de 236 mil tep para 464 mil tep.

Por último, todos os outros centros de transformação somados (coquearias, carvoarias, ciclo do combustível nuclear, usinas de gaseificação e plantas de biodiesel, dentre outros) aumentaram de 2,6% para 2,9% a contribuição à demanda de energia entre 2000 e 2010.

Tabela 8 - Demanda de Energia nos Centros de Transformação

Consumo de energia por segmento [10 ³ tep]	1990	2000	2010	Δ%a.a. (2010/2000)
Plataformas de petróleo	732	1.218	3.493	+11,1%
Refinarias	3.950	5.395	6.147	+1,3%
Destilarias (setor sucroalcooleiro)	6.850	5.660	13.454	+9,0%
Geração elétrica (serviço público e autoprodução)	160	236	464	+7,0%
Coquearias	348	327	204	-4,6%
Demais unidades (carvoarias, entre outros)	3	11	501	+46,5%
Total	12.042	12.847	24.263	+6,6%

Fonte: EPE (2013c, adaptado).

A Figura 29 apresenta a contribuição da hidreletricidade na matriz elétrica nacional e os marcos de entrada da energia eólica no Brasil. Em 2000 e 2001 houve restrições para a geração elétrica, tanto por questões de regimes hidrológicos desfavoráveis como também por razões estruturais (insuficiência de linhas de transmissão).

Adicionalmente, houve incentivo para a utilização de usinas termelétricas emergenciais, a óleo combustível e óleo diesel. Tudo isto contribuiu para que a parcela hidráulica caísse então para 82% do total.

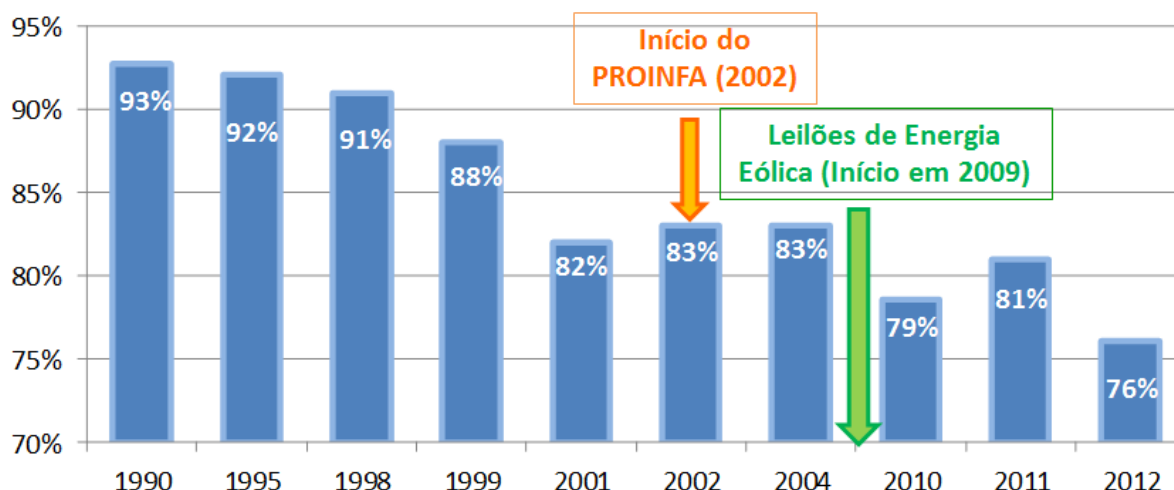


Figura 29 - Energias Hidráulica e Eólica na Matriz Elétrica
Fonte: EPE (2013c).

Dois eventos foram essenciais para a introdução da energia eólica no Brasil: o PROINFA, em 2002, e o 1º leilão específico para a fonte, em 2009. O primeiro Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) contratou 46 empreendimentos eólicos, com potência total de 1.136 MW, por 20 anos.

O segundo marco foi um certame específico para a fonte eólica, promovido pela EPE em dezembro 2009. Este leilão comercializou 1.805,7 MW, de 71 empreendimentos, também por 20 anos.

Desde então a fonte eólica tem tido bons resultados nos leilões de energia nova realizados pela EPE, tendo demonstrado competitividade com as demais fontes concorrentes (nestes certames a regra para contratação de energia elétrica segue o critério de opção pela menor tarifa oferecida), chegando em 2012 a 1.894 MW de potência instalada.

A eletricidade é hoje (2012) a terceira fonte de energia no Brasil, perdendo espaço para o grupo de petróleo e derivados e para a biomassa da cana-de-açúcar. A Figura 30 mostra que a contribuição da energia elétrica na matriz era de 14,5% em 1990 e chegou a 16,7% em 2000. Posteriormente a fração caiu um pouco, para 14,0% em 2010 e 13,8% no ano de 2012.

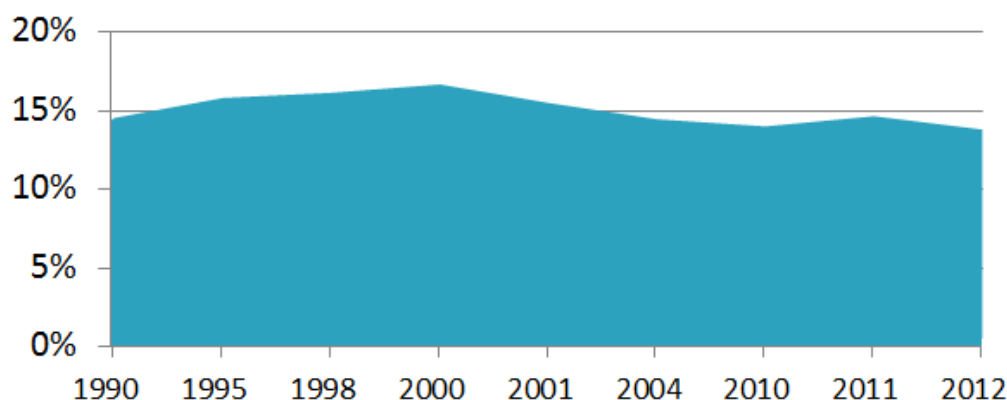


Figura 30 - Participação da Eletricidade na Matriz Energética Brasileira
Fonte: EPE (2013c).

O aumento verificado na Tabela 8, linha geração elétrica, é explicado a seguir. A geração nacional de energia elétrica é dada pela soma dos montantes ofertados pelas plantas de serviço público e pelas usinas autoprodutoras. Esta rubrica não considera, portanto, o intercâmbio de eletricidade entre o Brasil e outros países (em especial a hidrelétrica binacional de Itaipu).

Em 1990 a geração elétrica brasileira atingiu 222,7 TWh, ao passo que no ano de 2012 o montante produzido foi 552,5 TWh. Isto representa um crescimento médio anual de 4,2% na produção de energia elétrica neste período.

Desde 1990 a autoprodução cresceu mais de 550%, sobretudo no segmento industrial. E a geração termelétrica também aumentou expressivamente, de 16 TWh em 1990 para 132 TWh em 2012, com média de 10,0% ao ano (vide Figura 31).

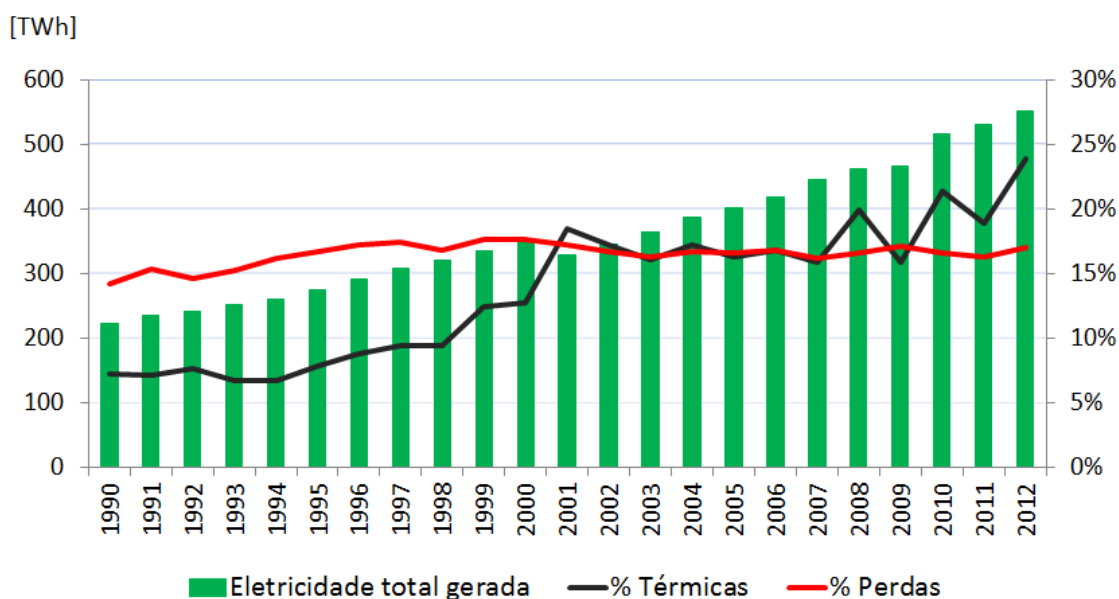


Figura 31 - Geração Elétrica Total, Geração Térmica e Perdas

Fonte: EPE (2013c).

Para melhor compreensão do cenário brasileiro, em 1990 a termelétricidade representava apenas 7% da geração elétrica total. Até o final da década de 1990 o patamar se manteve em torno de 10%.

Após a crise de racionamento em 2001, houve incentivos governamentais para a construção de novas termelétricas para suprimento elétrico nacional. Em 2001 a fatia térmica já representava 18% e, desde então o incremento foi moderado, atingindo 24% em 2012.

Vale destacar que, apesar de o aumento observado na autoprodução diminuir as perdas técnicas (em decorrência de não utilizar redes de transmissão e distribuição), a expansão da geração termelétrica na matriz ocasionou acréscimo das perdas no Sistema Interligado Nacional e no auto consumo de energia (demanda própria para geração de eletricidade).

Conforme mostrado na Figura 31 as perdas elétricas totais (técnicas + comerciais) registraram um patamar estável em torno de uma média de 16%. Tal estabilidade demonstra que nas últimas duas décadas houve efeitos de eficiência dos processos de geração (por exemplo, através do emprego de caldeiras que operam em maior pressão), transmissão e distribuição de energia, além de um maior combate ao furto de eletricidade (parcela de perdas comerciais).

A Figura 32 mostra que ao longo da década de 2000 o consumo do setor energético praticamente dobrou, atingindo 24,3 milhões de tep. Em 1990 a parcela de fontes renováveis era de 50%, enquanto que em 2010 foi de 63%.

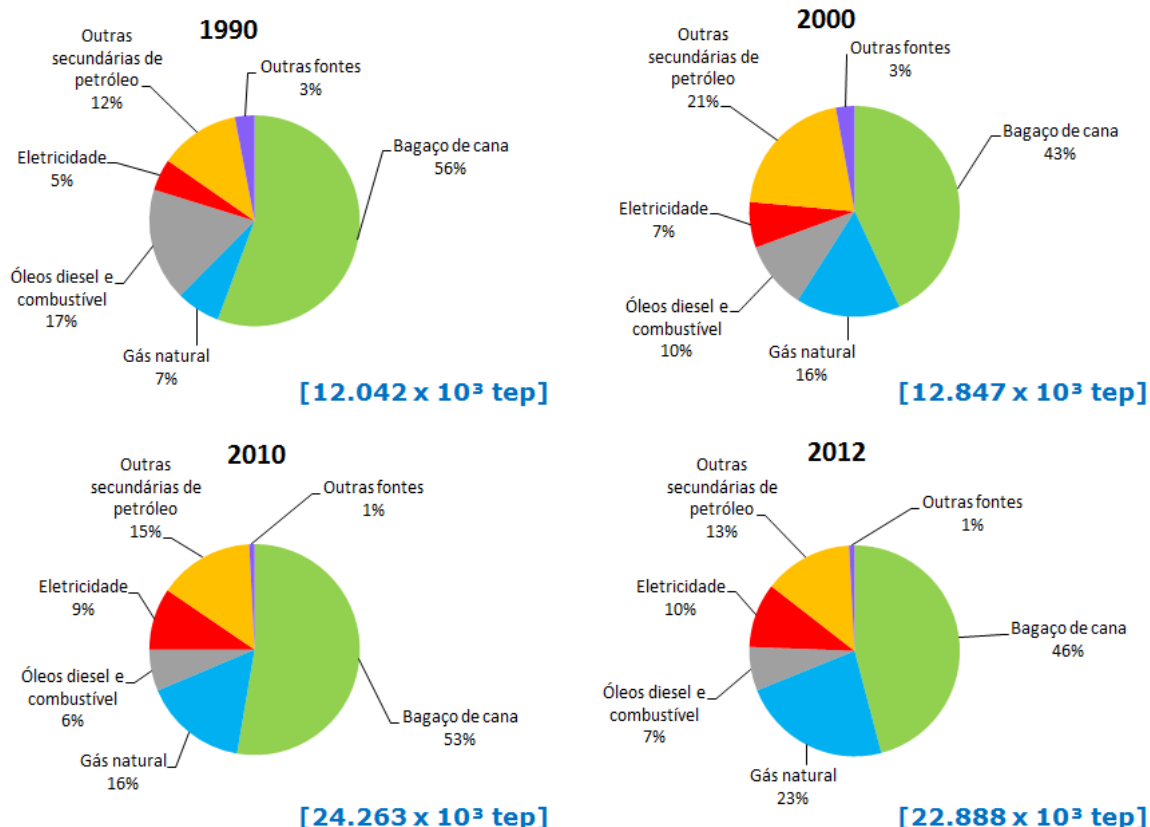


Figura 32 - Matriz do Setor Energético
 Fonte: EPE (2013c).

Observa-se que houve aumento na participação do bagaço de cana e da eletricidade e redução de óleo diesel, óleo combustível e outras secundárias de petróleo. Isto se deve ao aumento da cogeração nas destilarias (setor sucroalcooleiro) e da eletrificação de processos que anteriormente eram a vapor (demandando derivados de petróleo), visando não somente a eficiência energética dos mesmos, mas também a redução de emissões de gases de efeito estufa.

Pode-se concluir, portanto, que se por um lado o setor elétrico (geração) vem sofrendo sistematicamente com redução da geração de origem hidrelétrica, e isto afeta o rendimento geral da geração elétrica, dois movimentos vem amenizando este impacto negativo para os centros de transformação: (1) elevação da geração eólica e biomassa; (2) elevação da produção nas destilarias; ambos possuem rendimentos elevados no uso da energia primária. Não poderia deixar de citar também a penetração do gás natural no setor energético e a redução do óleo combustível e dos outros secundários de petróleo.

6. TENDÊNCIAS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR INDUSTRIAL

6.1 Tendências gerais

Como visto anteriormente, dentro da desagregação da intensidade energética final, é o setor industrial o mais energointensivo (em relação ao agropecuário e ao de serviços) e também o que nos últimos 22 anos (1990-2012) vem crescendo a intensidade energética (1,0% ao ano). Nesta seção isto será explicado em mais detalhes, bem como os movimentos observados nos períodos específicos de crise ou *boom* econômico.

Aproximadamente um terço da energia final disponível para a sociedade brasileira é consumida no segmento industrial, para atendimento energético de seus processos produtivos. A Tabela 9 e a Figura 33 explicitam a participação da indústria nacional na demanda de energia nos anos 1990, 2000, 2010 e 2012, estável no patamar de 35%.

Tabela 9 - Demanda de Energia no Setor Industrial

Consumo de energia por segmento	1990	2000	2010	2012
Setor industrial [10^3 tep]	43.523	61.204	85.567	88.966
Setor industrial (% da demanda total)	34,1%	35,6%	35,5%	35,1%

Fonte: EPE (2013c).

Em valores absolutos, o incremento foi de 39,8% em dez anos (ou 3,4% ao ano). As maiores variações se deram nas atividades de ferroligas (+10,4% ao ano), alimentos & bebidas (+6,4% ao ano) e papel & celulose (+5,0% ao ano).

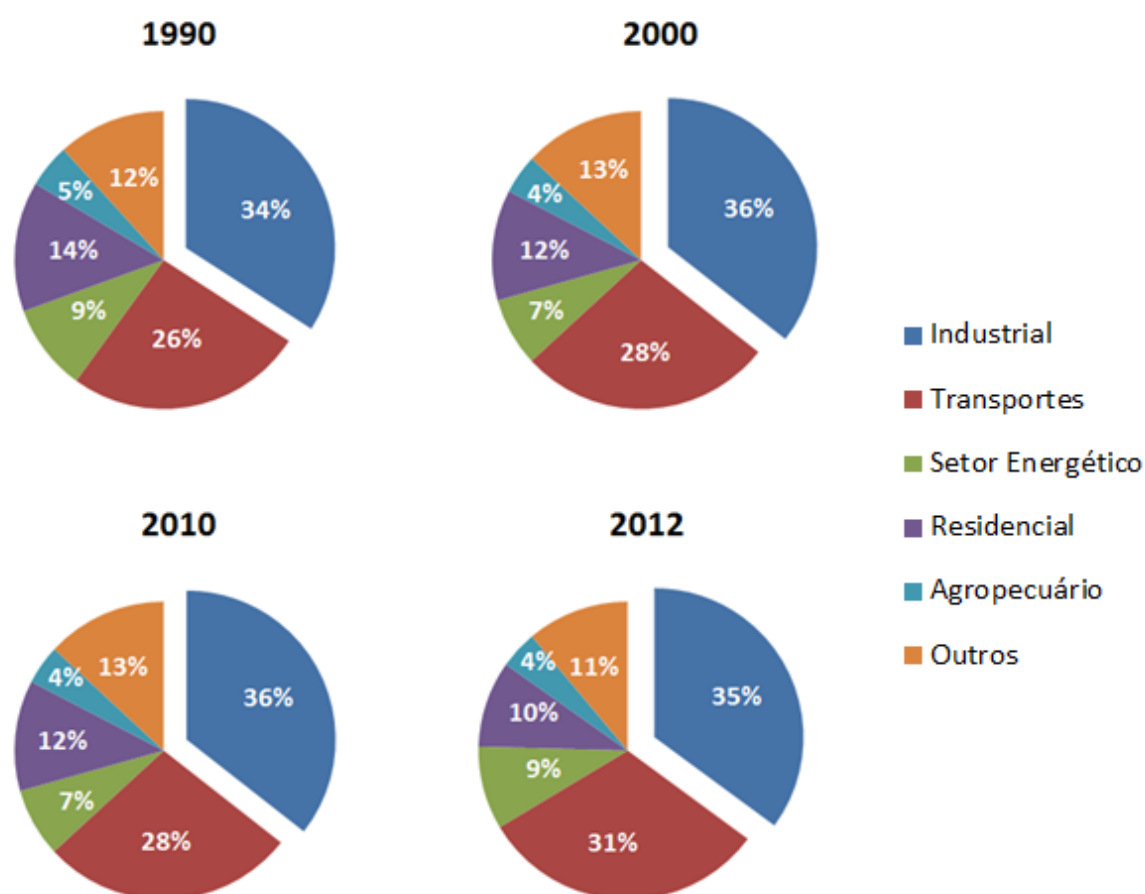


Figura 33 - Consumo Final de Energia do Setor Industrial
 Fonte: EPE (2013c).

A demanda de energia da indústria nacional cresceu, em média, 3,3% ao ano entre 1990 e 2012, saltando de 43 milhões de tep em 1990 para 89 milhões de tep em 2012 (Figura 34).

Já o PIB brasileiro (total) aumentou em uma taxa média ligeiramente inferior: 2,9% ao ano. O consumo total de energia cresceu na mesma proporção que a demanda industrial (3,3% ao ano); em 2012 foram consumidos 214 milhões de tep, contra 105 milhões de tep em 1990.

Os dois períodos em destaque são a crise de racionamento de eletricidade em 2001 e a crise econômica de 2008/2009. A primeira teve menor impacto na atividade industrial, embora tenha havido limitação do fornecimento e aumento do custo de um dos insumos (energia elétrica). Subsetores eletro-intensivos, com destaque para a metalurgia, foram os mais impactados.

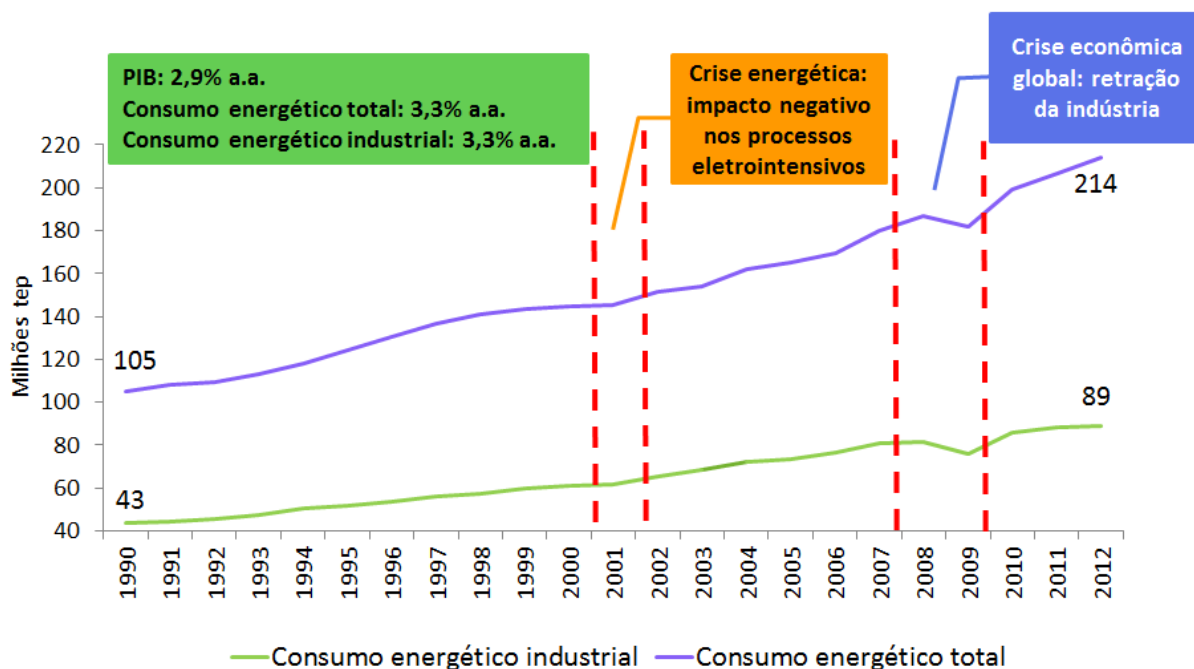


Figura 34 - Consumos de Energia na Indústria e Total Brasil
 Fonte: EPE (2013c).

Já em 2008/2009 a indústria no Brasil foi mais severamente impactada em função da redução das exportações e da queda do consumo interno em alguns segmentos, com correspondente impacto sobre a produção industrial doméstica. O ano de 2009 registrou variação negativa de 6,6% na demanda de energia para a indústria (de 81,5 milhões de tep em 2008 para 76,2 milhões de tep em 2009).

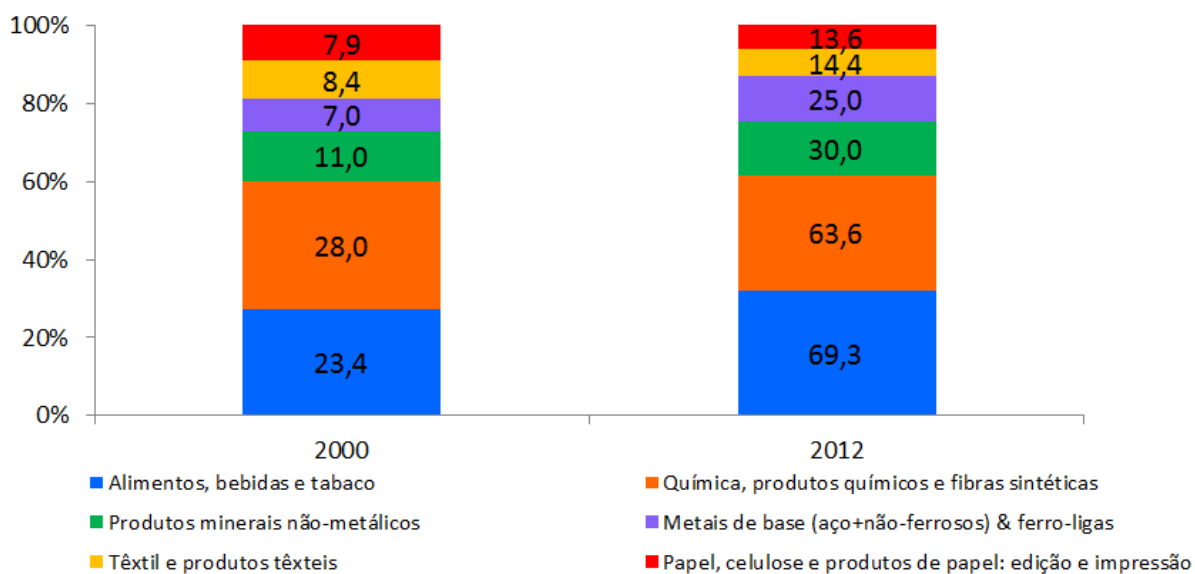


Figura 35 - Valor Adicionado na Indústria Brasileira, por Segmento
 Fonte: EPE (2013b).

Em valores constantes do ano 2000, o valor adicionado industrial passou de R\$ 85,6 bilhões em 2000 para R\$ 215,9 bilhões em 2012, subindo a uma taxa média de 8,0% ao ano (Figura 35).

Os segmentos cujo valor adicionado mais cresceu foram a metalurgia primária (+11,1% ao ano), alimentos & bebidas (+9,4% ao ano) e os minerais não metálicos (+8,7% ao ano). Em seguida aparecem o setor químico (+7,1% ao ano), o têxtil e papel & celulose (ambos com taxa de +4,7% ao ano).

Na Figura 36 apresenta-se a evolução da intensidade energética na indústria brasileira. Referenciando o indicador em relação a valores constantes de 2000, observa-se que em 1990 a intensidade energética da indústria era 0,185 tep/10³ R\$.

Portanto, nos últimos vinte anos houve um incremento de 12,4% da intensidade energética da indústria brasileira, fato que se deve a uma série de razões. No decorrer da década de 1990 houve investimento em novas plantas de celulose, em detrimento das unidades papeleras, fato que causou incremento médio de 1,2% ao ano no indicador, que registrou 0,208 tep/10³ R\$ em 2000.

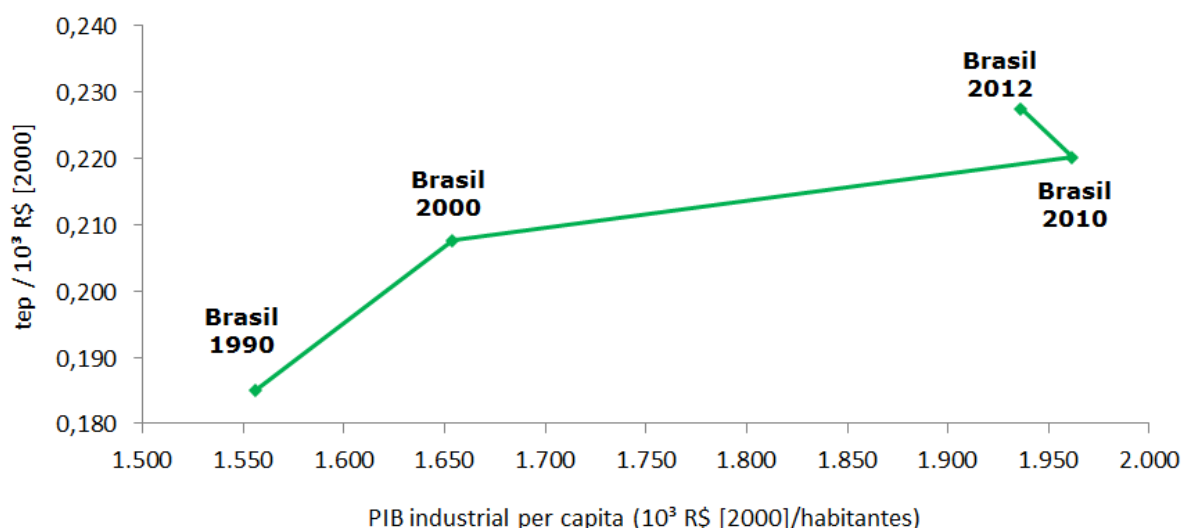


Figura 36 - Intensidade Energética e PIB per capita na Indústria
 Fonte: EPE (2013b).

Na década seguinte (2000-2010) o aumento médio anual foi menor (+0,6%), o que fez com que a intensidade energética chegasse a 0,220 tep/10³ R\$ em 2010. O motivo para a redução da inclinação da derivada foi ganhos de eficiência em setores como cimento (-1,8% ao ano) e siderurgia (-1,0% ao ano). Por outro lado, setores como siderurgia, não ferrosos e celulose tiveram expansão de capacidade produtiva no período. Dois anos depois, em 2012,

houve incremento até 0,228 tep/10³ R\$ (+1,8% ao ano), fruto do aumento verificado no segmento cimenteiro (+5,6% ao ano) neste biênio.

Se por um lado houve aumento da intensidade energética, também houve crescimento do PIB industrial, embora a taxas menores que o aumento do consumo. Através do indicador apresentado no eixo horizontal da mesma figura (PIB industrial per capita) percebe-se que em 1990 o indicador era de 1,556x10⁶ R\$/habitante em 1990 e que cresceu para 1,654x10⁶ R\$/habitante em 2000 (+0,6% ao ano).

Posteriormente o valor adicionado na indústria per capita aumentou para 1,962x10⁶ R\$/habitante em 2000 (+1,7% ao ano) e caiu para 1,936x10⁶ R\$/habitante no ano de 2012 (-0,6% ao ano).

Para melhor compreensão da evolução da intensidade energética na indústria pode-se separar a análise por períodos, conforme feito na Figura 37, para destacar fatos relevantes. A década de 1990 foi um período de retomada de investimentos no segmento industrial, especialmente após a retração verificada na década de 1980. Este motivo foi determinante para o aumento médio deste indicador de 1,6% ao ano. Entretanto, ao separar as duas metades da década de 1990 observa-se que na primeira parte há estagnação (+0,1% ao ano), enquanto que na segunda parte o crescimento é expressivo (+3,6% ao ano).

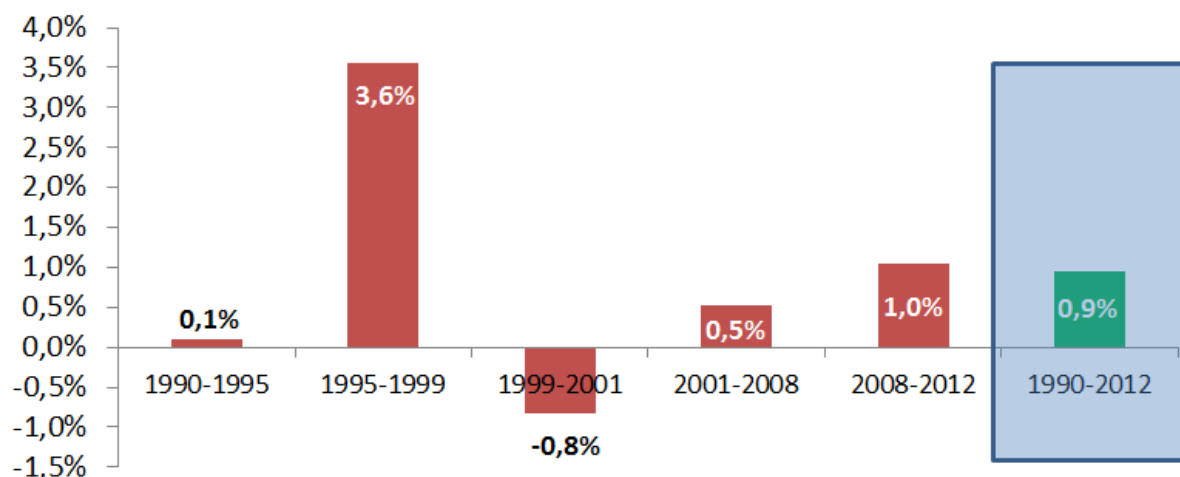


Figura 37 - Variação da Intensidade Energética na Indústria por Período

Fonte: EPE (2013b).

Em 2000 e 2001 surge a crise do racionamento de eletricidade, que culmina na redução de 0,8% ao ano no indicador. Entre 2001 e 2008 há um período de recuperação no segmento e de lançamento de novos projetos, o que faz com que haja acréscimo médio de 0,5% ao ano na intensidade energética da indústria brasileira. Como destacado anteriormente, os

segmentos mais eletro-intensivos e maior intensidade energética foram os mais impactados com essa crise, que se distribuiu por toda a sociedade brasileira.

Em 2008 e 2009 a crise econômica global afetou fortemente a indústria nacional e observou-se redução na intensidade energética. Cabe destacar que os segmentos ligados à metalurgia foram os mais afetados com essa crise, o que gerou a paralisação e mesmo a desativação de unidades industriais menos eficientes. Uma vez superada a crise, há um novo momento de retomada de investimentos, com destaque para projetos nas áreas de siderurgia, bauxita, alumina e celulose (+1,0% ao ano). Na média geral, entre 1990 e 2012, o incremento no indicador foi de 0,9% ao ano.

Em relação aos segmentos energointensivos da indústria brasileira, a Figura 38 traz a distribuição do consumo de energia em quatro anos selecionados. Em 1990 a siderurgia demandava mais da metade da energia industrial, montante que tem caído desde então: 47% em 2000, 39% em 2010 e 38% em 2012.

O segundo maior consumidor é o setor de papel & celulose, para onde é destinada atualmente 23% da energia industrial. Há 22 anos a fração era significativamente menor (15%), sendo este o subsetor que mais cresceu desde então.

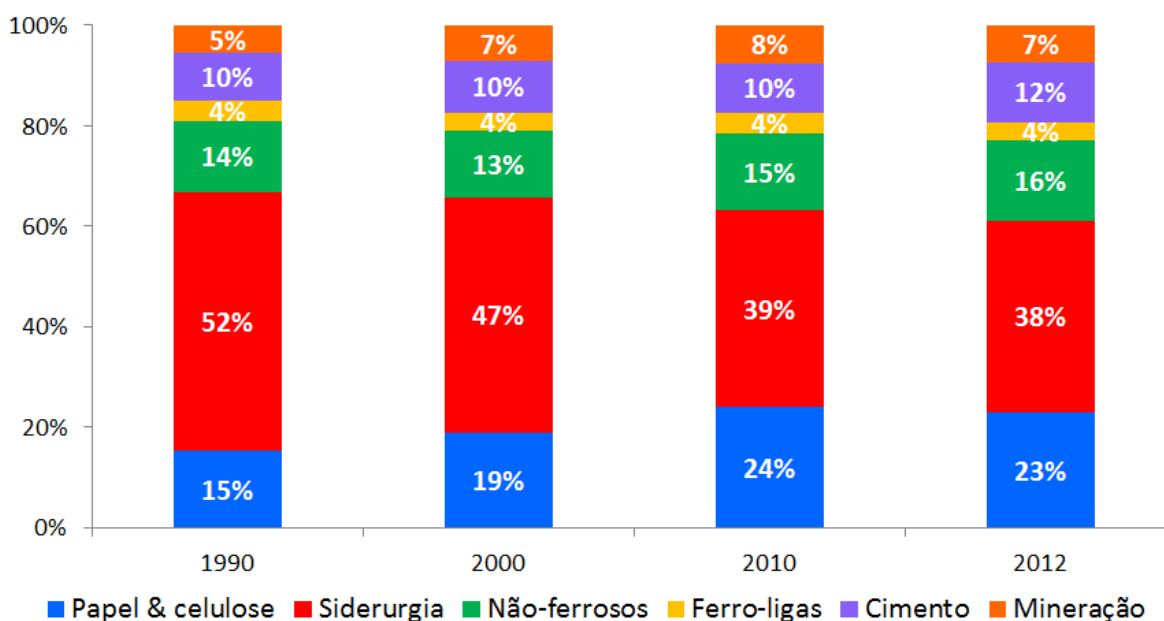


Figura 38 - Consumo de Energia em Indústrias Energointensivas
Fonte: EPE (2013b).

O terceiro colocado é o segmento de não ferrosos e outros da metalurgia, cuja participação tem perfil mais estável. Começou o período em 14% e hoje se encontra no patamar de 16%.

Na sequência aparece a indústria do cimento, que demandou 10% da energia em 1990, 2000 e 2010. Em 2012 a fatia foi ligeiramente maior: 12%. O próximo da lista, subsetor de mineração & pelotização, constitui um nicho que oscilou entre 5% no início e 8% em 2010, sendo que em 2012 registrou 7% da demanda total. Por fim aparece o segmento ferroligas, com 4% do consumo industrial em todos os anos mostrados.

A participação dos segmentos energointensivos (papel & celulose, siderurgia, não ferrosos, ferro-ligas, mineração & pelotização e cimento) sobre o consumo total de energia do setor industrial por ser vista na Tabela 10.

Tabela 10 - Demanda das Atividades Energointensivas

Consumo de energia	1990	2000	2010	2012
Segmentos energointensivos [10^3 tep]	23.682	32.714	42.103	43.898
Setor industrial [10^3 tep]	43.523	61.204	85.567	88.966
Segmentos energointensivos (% da demanda total)	54,4%	53,5%	49,2%	49,3%

Fonte: EPE (2013c).

Como consequência do explicado anteriormente, houve ligeira redução na participação dos energointensivos entre 1990 e 2012 (-5,1%), embora com alterações nessa participação intraperíodo. Em 1990 estes seis subsetores demandaram 23,7 milhões de tep (54,4% do total industrial). Após vinte e dois anos o consumo aumentou 20,2 milhões de tep, atingindo 43,9 milhões de tep, ou 49,3% do total.

6.2 Análises por segmento industrial

Como visto anteriormente a indústria explica em grande parte os movimentos de intensidade energética final, sendo que em especial os energointensivos. Esta parte explica alguns movimentos a partir de dados mais detalhados destes setores da indústria.

A Figura 39 agrega o consumo energético específico (energia consumida/unidade produzida) de cinco subsetores industriais: siderurgia, papel & celulose, cimento, alumínio e açúcar.

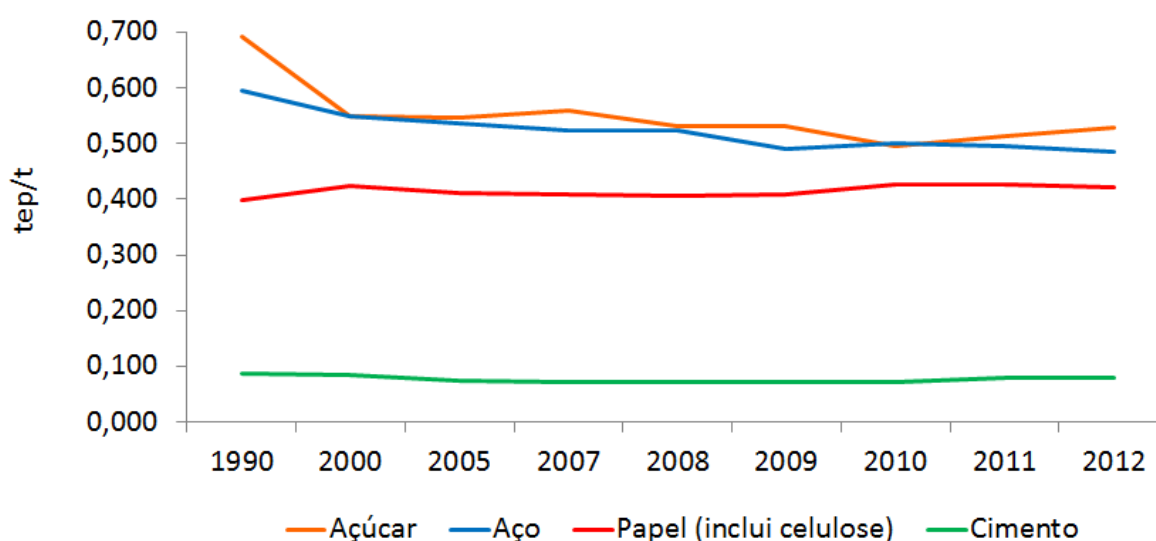


Figura 39 - Consumo Energético por Produtos Selecionados
Fonte: EPE (2013b).

A questão da intensidade energética é sintetizada na Figura 40, que mostra seis segmentos da indústria brasileira nos anos 2000 e 2012: Alimentos & Bebidas, Têxtil, Papel & Celulose, Química, Minerais Não-Metálicos (majoritariamente cimento) e Metais Primários.

Com exceção do subsetor Química, cujo indicador caiu 32% nesta década, pode-se dizer que aumentou a intensidade energética destes segmentos da indústria brasileira neste período. As variações foram de 32% no segmento Alimentos & Bebidas, 14% no Têxtil, 6% no Papel & Celulose, 11% nos Minerais Não-Metálicos e 3% nos Metais Primários.

As maiores intensidades energéticas da indústria são verificadas nos Metais Primários (1,83 ktep/€[2000]) e no setor de Papel & Celulose (1,42 ktep/€[2000]). Em contraponto, as menores intensidades energéticas são encontradas no setor Química (0,22 ktep/€ [2000]) e no Têxtil (0,13 ktep/€ [2000]).

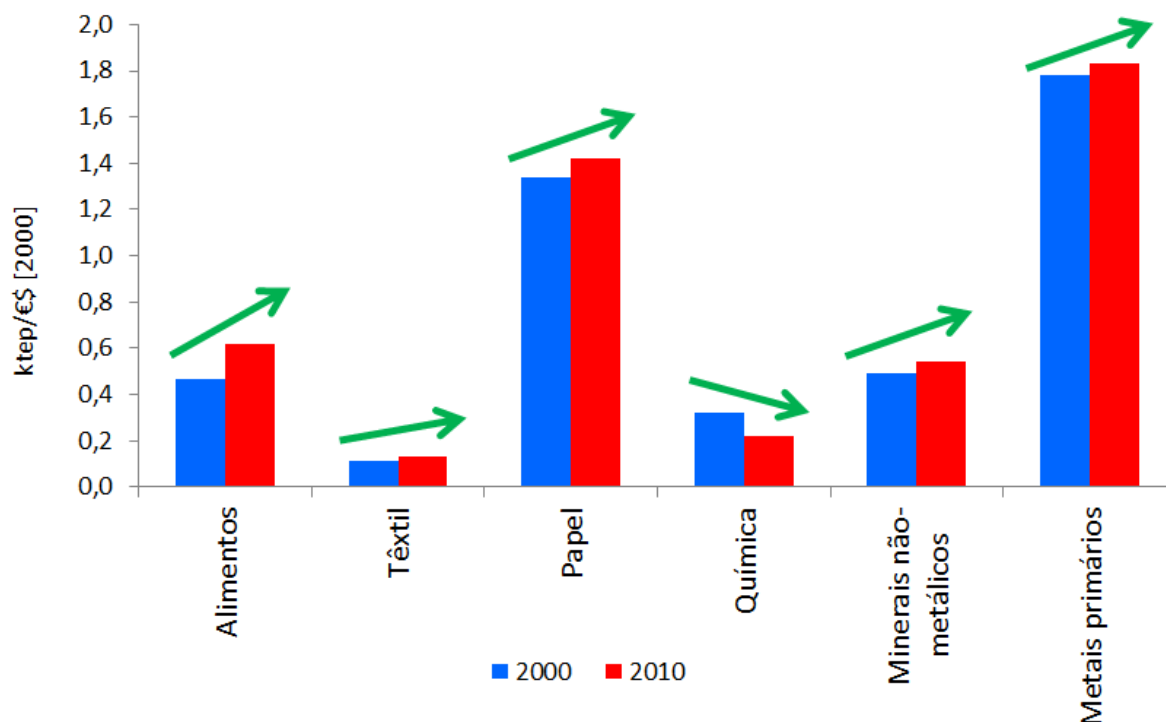


Figura 40 - Intensidade Energética de Alguns Setores Industriais
 Fonte: EPE (2013b).

Sendo estes os mais energointensivos, com exceção das *proxys* de não ferrosos e de alimentos & bebidas, os outros três podem ser analisados a partir do consumo específico. No caso do segmento não ferrosos & outros da metalurgia, o alumínio representa 56% do total e é adotado como *proxy*. Em relação ao subsetor alimentos & bebidas utiliza-se o açúcar, que corresponde a 75% do total, como *proxy*.

É possível reiterar que, dentre os quatro segmentos citados, o açúcar é o produto mais energointensivo. Mesmo com uma redução importante no consumo específico no decorrer do período (-23%), a fabricação de açúcar ainda consome aproximadamente sete vezes mais que a indústria cimenteira.

A Figura 41 detalha a queda no consumo energético específico do segmento açúcar. Em 1990 utilizava-se 0,691 tep/t de açúcar, ante 0,529 tep/t em 2012. Ainda que se trate de um segmento autossuficiente energeticamente, é importante sinalizar a demanda expressiva para produção deste alimento.

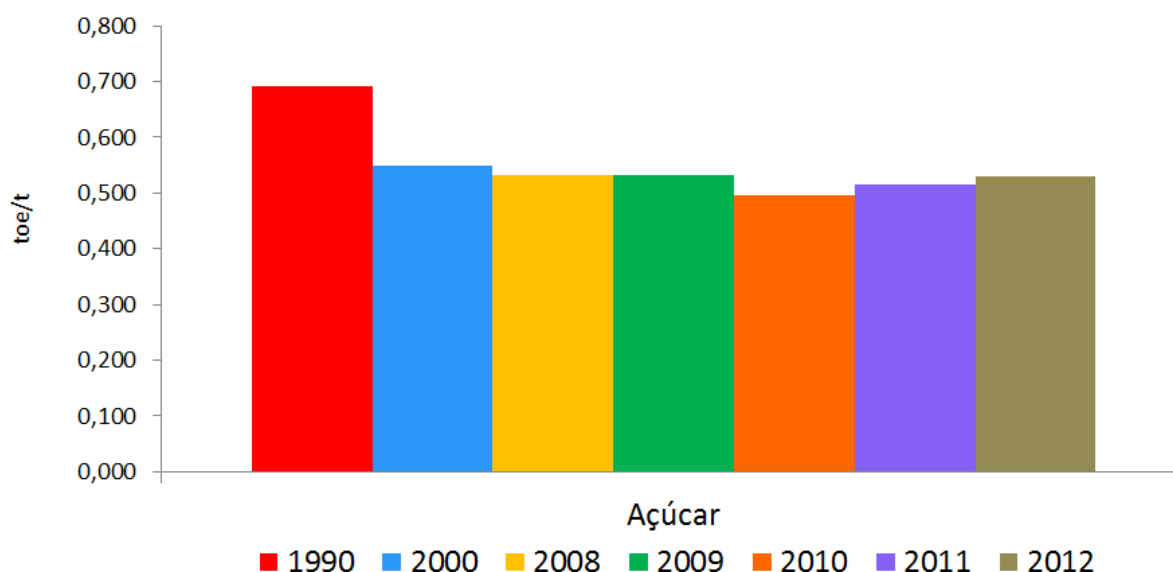


Figura 41 - Consumo Energético Específico na Indústria de Açúcar
 Fonte: EPE (2013b).

Na Figura 42 verifica-se o decréscimo do consumo específico da indústria siderúrgica. Em 1990 era necessário 0,594 tep para produzir uma tonelada de aço, montante que caiu para 0,485 tep/t em 2012 (-18,4%).

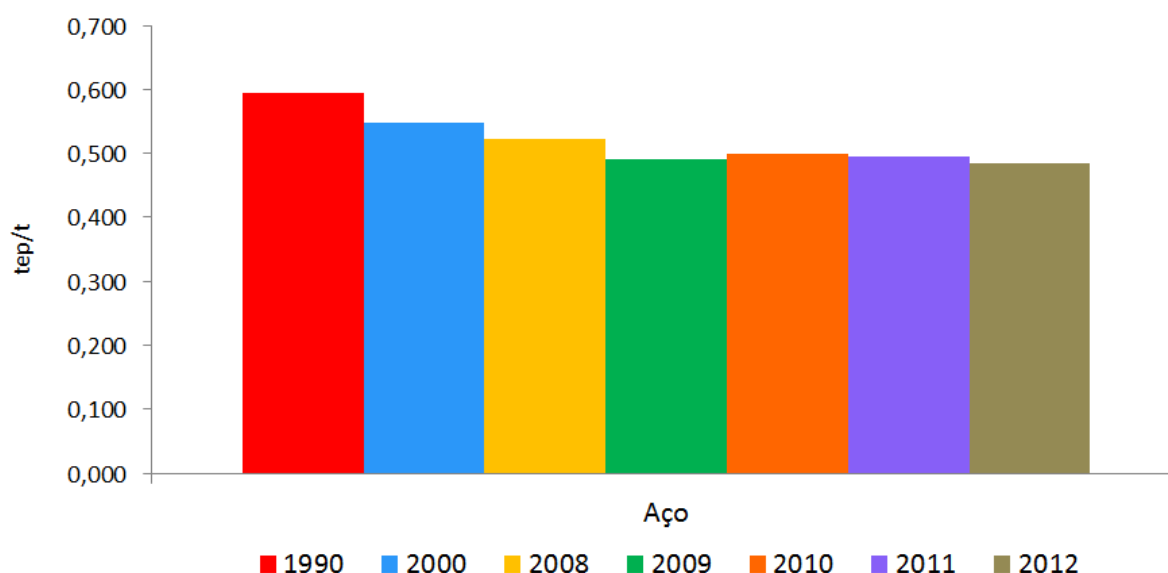


Figura 42 - Consumo Energético Específico na Siderurgia
 Fonte: EPE (2013b).

Com exceção do ano de 2010, todos os demais registraram queda em relação ao ano anterior. Entende-se que o biênio 2009-2010 tenha sido atípico, uma vez que ainda havia

perturbações de mercado causadas pela crise econômica global, que afetou severamente a siderurgia brasileira no final da última década.

Combinando a análise (a partir das informações disponíveis na Figura 33 até Figura 36) nota-se que a redução da participação da siderurgia no consumo dos energointensivos deve-se, em parte, à efficientização dos processos (queda do consumo específico). Além disto, é bem provável que os menores preços do aço nos últimos anos (no mercado internacional) e que a estagnação da produção no Brasil tenha contribuído para reduzir o valor adicionado deste segmento na economia brasileira.

Tomando-se a siderurgia como *proxy* do setor de minerais metálicos, (siderurgia e ferro-ligas) de modo que, embora tenha ocorrido redução no consumo específico (siderurgia) a intensidade energética se eleva no período.

Analogamente, tomando o cimento como *proxy* dos minerais não metálicos, algo semelhante à siderurgia parece ter ocorrido (vide Figura 43). Em 1990 o consumo específico do cimento era de 0,088 tep/t e fechou 2012 com 0,078 tep/t (-11,4%).

Mais uma vez observa-se uma tendência de queda ao longo de duas décadas, ainda que mais suave que a observada no caso da siderurgia.

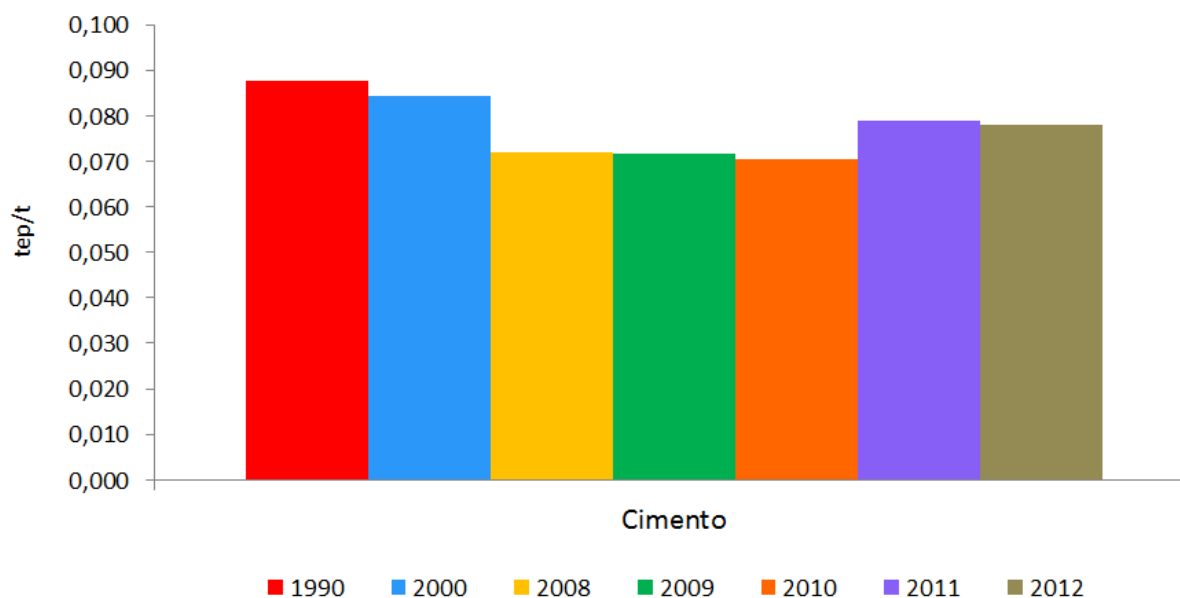


Figura 43 - Consumo Energético Específico na Indústria de Cimento

Fonte: EPE (2013b).

Até o presente momento tudo indica que a razão seria a substituição de combustíveis no processo produtivo do cimento. Este segmento tem uma razoável flexibilidade e busca sempre insumos mais baratos. Com isto, em 2011 e 2012 verificou-se uma mudança estrutural na matriz energética deste setor. Houve entrada de carvão mineral, carvão vegetal

e outras fontes, totalizando aproximadamente 5%, em substituição a uma fração da parcela de coque de petróleo.

Considerando-se que os novos combustíveis utilizados tem menor poder calorífico que o coque de petróleo e que em alguns casos sua conversão em energia é menos eficiente, o incremento do consumo específico está justificado.

A avaliação conjunta desses aspectos aponta para a participação estável do cimento na demanda dos energointensivos, a qual pode ser explicada através de seu baixo consumo energético específico (em comparação aos outros energointensivos). Se por um lado houve redução do consumo específico no período (cimento) o valor adicionado dos não metálicos parece ter reduzido, contribuindo para uma elevação na intensidade energética no mesmo período.

A indústria de papel e celulose (Figura 44) apresentou comportamento bastante irregular, embora apresente tendência geral de estabilidade a partir de 2000. Em 1990 o patamar era 0,398 tep/t, em 2000 era de 0,424 tep/t e em 2012 alcançou 0,422 tep/t.

A razão para as oscilações é a diferença entre o consumo energético específico das rotas produtivas de papel e de celulose (a fabricação de celulose é mais energointensiva). Entre 2007 e 2012, cerca de 70% da expansão do setor foi na rota celulósica, fato que eleva o consumo médio agregado.

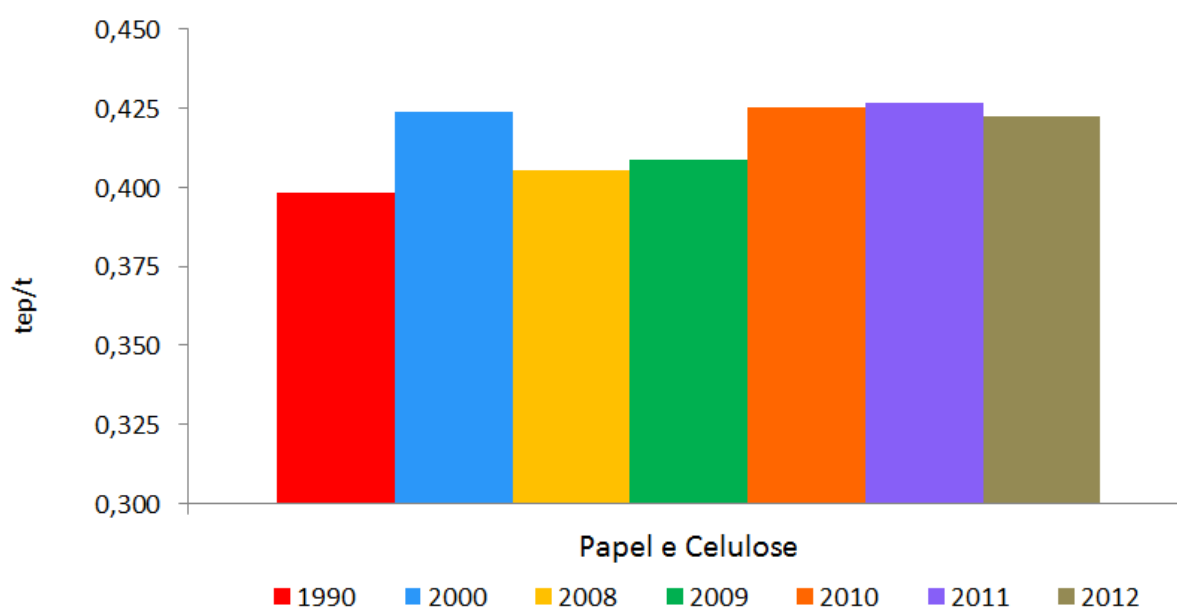


Figura 44 - Consumo Energético Específico na Indústria de Papel & Celulose
Fonte: EPE (2013b).

Assim, apesar de ter havido melhorias no processo produtivo ao longo dos anos, esta evolução é compensada pela entrada em operação de novas plantas de celulose, que aumentaram o consumo energético específico do setor como um todo.

Como resultado final também houve elevação na intensidade energética do segmento no mesmo período. Na verdade houve aumento da contribuição deste segmento na demanda dos energointensivos entre 1990 e 2010, de 15% para 24% do total. Um dos motivos prováveis seria o aumento da produção física de papel nas duas décadas, maior em termos proporcionais que a variação observada em outras atividades, como a siderurgia.

Como visto, alguns segmentos energointensivos lograram reduzir o consumo específico, indicando efeitos positivos sobre eficiência energética, mas a intensidade energética do setor industrial, em especial dos energointensivos se elevou nas últimas décadas.

6.3 Impactos de mudanças estruturais

No entanto percebe-se que o peso dos energointensivos afeta bastante o resultado da intensidade energética da indústria. Nesta seção será mostrado o efeito deste tipo de mudança na estrutura da indústria.

A Figura 45 apresenta um retrato interessante a respeito da intensidade energética na indústria nacional, entre 2000 e 2012. De acordo com as informações, na última década este indicador aumentou em média 0,37% ao ano (passando de 682 tep/milhão de R\$ para 708 tep/milhão de R\$).

Também é possível entender que, caso a estrutura do setor industrial fosse constante, a intensidade energética teria acrescido mais: 0,76% ao ano. Então, o indicador em 1990 era 682 tep/milhão de R\$ e subiria para 726 tep/milhão de R\$ em 2010.

As diferenças entre a intensidade energética verdadeira e a que haveria na hipótese de estrutura constante são os efeitos estruturais, que contabilizaram uma redução média de 0,39% ao ano (ou 18 tep/milhão de R\$ em 2010).

Isto significa que a alteração na estrutura produtiva na indústria na última década foi favorável ao indicador de intensidade energética. E isto se deve, como visto, em especial, ao arrefecimento dos energointensivos nos (últimos) anos recentes.

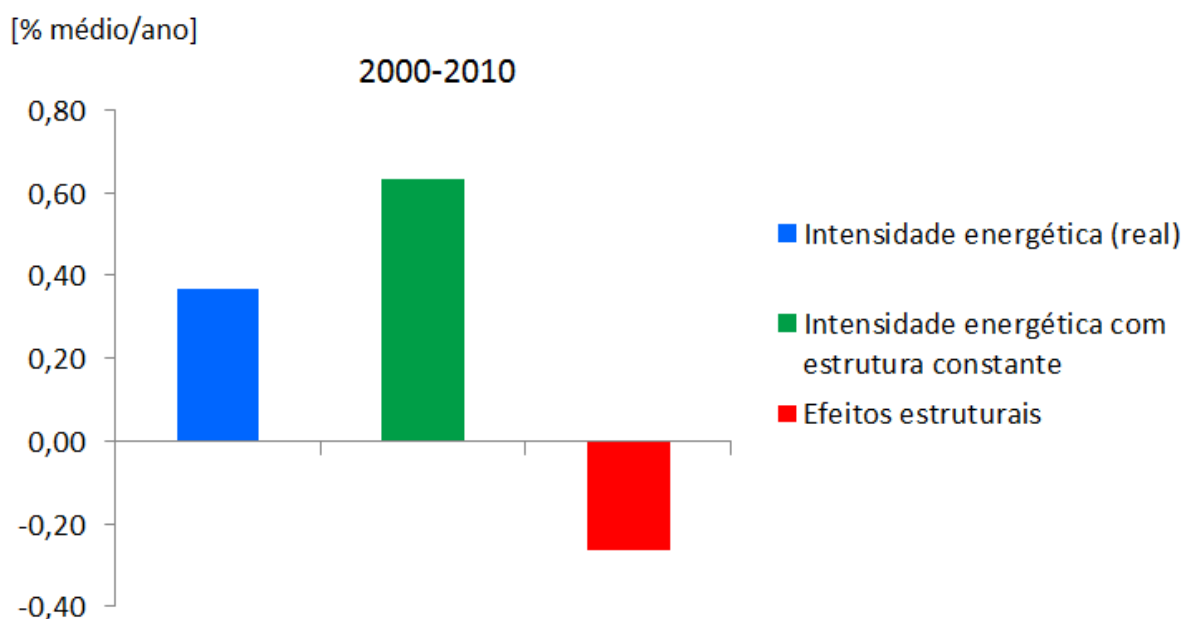


Figura 45 - Intensidade Energética na Indústria Brasileira - 2000 a 2010
Fonte: EPE (2013b).

Houve também uma redistribuição da participação relativa dos segmentos energointensivos neste período no indicador intensidade energética. A siderurgia, que possui consumo específico elevado até mesmo em comparação com os demais segmentos do gênero, reduziu em 14% sua parcela, um dos mais afetados. O mesmo vem ocorrendo com o alumínio.

As unidades de papel & celulose, foram aquelas cuja participação mais cresceu na década (8%). Mas como seu consumo específico é 17% menor que o verificado na siderurgia, esta “troca” teve efeito positivo para o efeito estrutura.

Em síntese, o total dos energointensivos tem ficado menos energointensivo nos últimos anos. Se este movimento é permanente? Estes estudos de monitoramento estarão verificando.

7. TENDÊNCIAS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR AGROPECUÁRIO

7.1 Tendências gerais

Como visto, depois da indústria o setor agropecuário é o segundo mais energointensivo, seguido do segmento serviços/comércio. No entanto, o setor agropecuário é um dos que apresenta menor consumo relativo de energia no Brasil, superando somente os segmentos comercial e público. Mais adiante serão apresentados os setores transporte e residencial, ambos não compõem a análise pela ótica do PIB (produção) e são importantes consumidores de energia final.

Vale lembrar que, se no caso da indústria verificou-se uma elevação da intensidade energética nos últimos anos, o setor agropecuário contribuiu no sentido oposto, reduzindo em cerca de 1% ao ano a intensidade energética entre 1990 e 2012 (seção I). A seguir serão mostradas as causas desta evolução.

Tabela 11 - Demanda de Energia no Setor Agropecuário

Consumo de energia por segmento	1990	2000	2010	2012
Setor agropecuário [10^3 tep]	6.027	7.332	10.029	10.362
Setor agropecuário (% da demanda total)	4,7%	4,3%	4,2%	4,1%

Fonte: EPE (2013c).

Entre os anos 1990 e 2012 a participação relativa do setor agropecuário na matriz energética brasileira manteve-se estável, cerca de 4% (Tabela 11 e Figura 46). A demanda total de energia em valores absolutos apresentou crescimento médio anual de 3,2%, passando de 7.332 mil tep em 2000 para 10.029 em 2010.

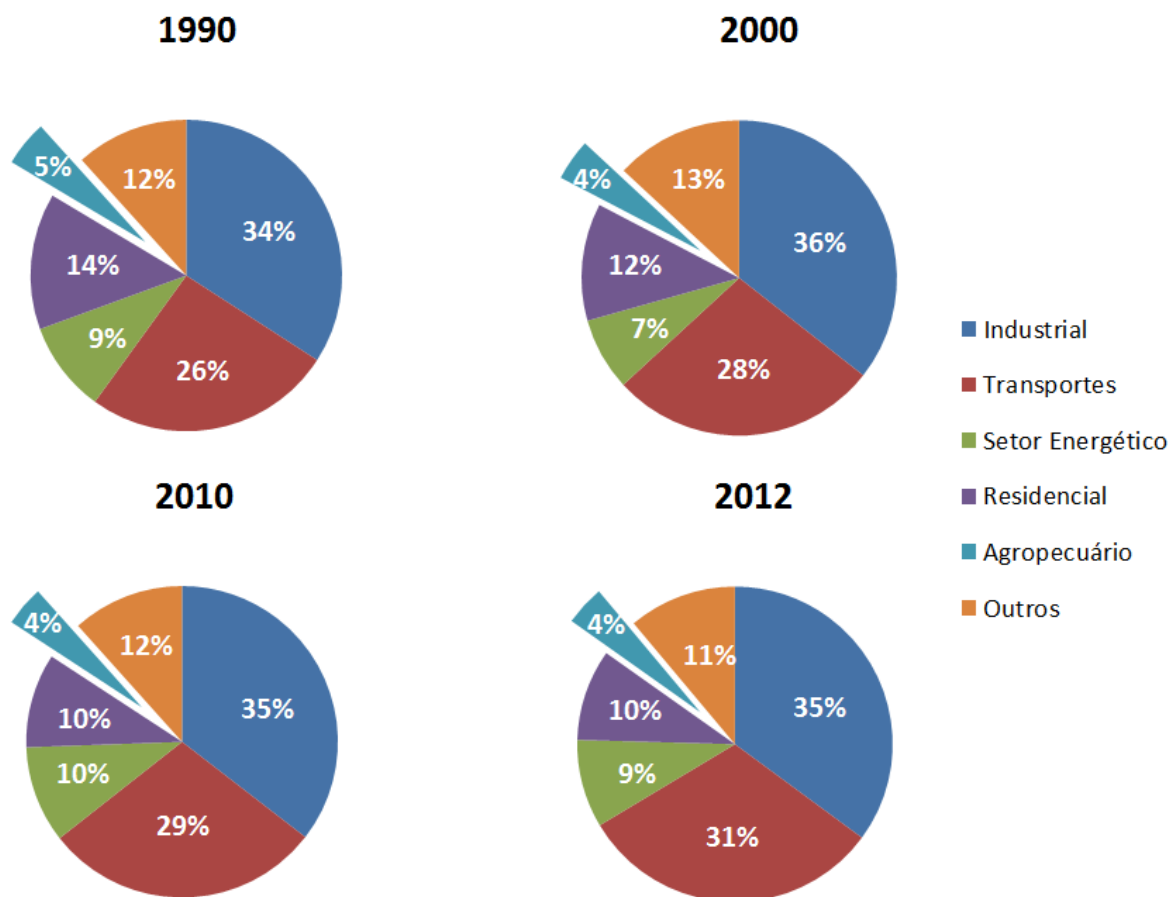


Figura 46 - Consumo Final de Energia do Setor Agropecuário
 Fonte: EPE (2013c).

Na última década, a atividade agropecuária brasileira cresceu a taxas superiores às taxas de crescimento da economia. Isto foi consequência de um aumento da produtividade agropecuária e uma crescente demanda internacional por alimentos.

De acordo com a Figura 47, a demanda de energia no setor agropecuário é basicamente restrita a três energéticos: o óleo diesel, a eletricidade e a lenha. Outros energéticos, como o GLP, carvão vegetal, e gás natural apresentam participação bastante pequena.

O diesel se destaca como principal energético do setor agropecuário nacional, com participação de 58% em 2010. Esta demanda está diretamente correlacionada à frota de máquinas agrícolas do setor. Tendo em vista os incrementos da área plantada das grandes culturas de grãos e da mecanização da cultura da cana-de-açúcar, houve, necessariamente, um aumento da frota agrícola.

Na pecuária, o aumento da intensificação da produção também tem como resultado a necessidade do desenvolvimento de culturas agrícolas para servirem como ração para o rebanho, com isso também há necessidade de aumento da frota de máquinas agrícolas.

O consumo de lenha é devido basicamente a sistemas de secagem de grãos, nas produções agrícolas, e para aquecimento, na atividade pecuária. Na última década a lenha teve participação crescente, de 22% em 2000 para 25% do total em 2010.

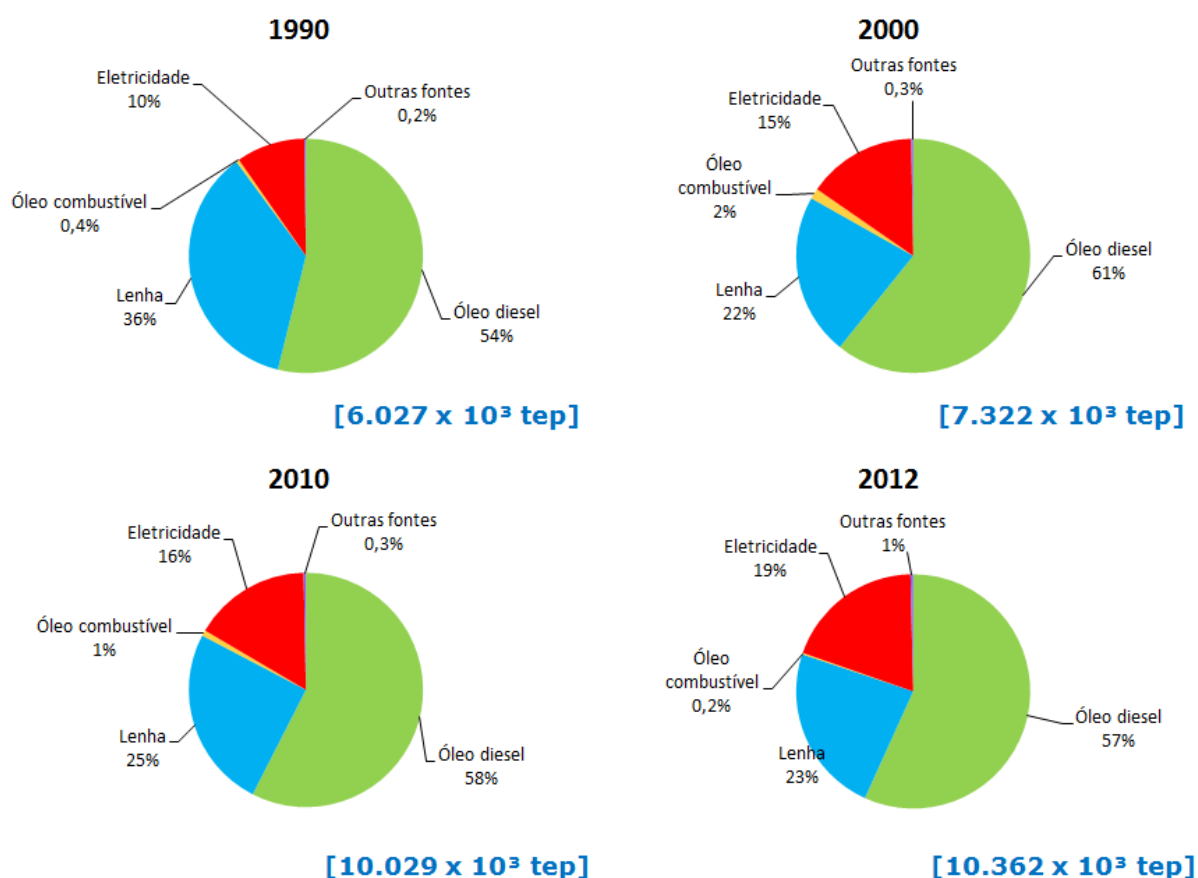


Figura 47 - Consumo de Energia no Setor Agropecuário por Fonte
 Fonte: EPE (2013c).

A eletricidade é consumida basicamente em dois sistemas: os sistemas de irrigação (na agricultura) e os sistemas de refrigeração (na pecuária). Em decorrência da expansão de culturas a regiões antes não adaptadas, há um crescente aumento pela demanda de diversos implementos agrícolas, dentre os quais os recursos hídricos.

Na matriz energética do setor isto se reflete no incremento de 15% em 2000 para 16% em 2010, configurando a eletricidade como a terceira principal fonte de energia do segmento.

Na pecuária os crescentes números de unidades de refrigeração para a produção de leite e unidades frigoríficas para abatimento dos rebanhos são as principais demandas elétricas.

7.2 Tendências por segmento

- Agricultura

O aumento expressivo da produção agrícola no Brasil é mostrado na Tabela 12 e se deu basicamente pelo melhor manejo e desenvolvimento de cultivares mais adaptadas às condições edafoclimáticas brasileiras.

Contudo, parte do aumento dessa produtividade foi consequência do aumento da mecanização das culturas agrícolas. Já o crescimento do cultivo em áreas não adaptadas aumentou a necessidade de áreas irrigadas para manutenção dessa tendência de crescimento de produtividade.

Tabela 12 - Evolução da Safra de Itens Selecionados

Produção [10 ³ t]	1990	2000	2010	1990-2010
Cana-de-açúcar	262.674	326.121	717.462	5,2%
Milho	24.096	42.290	57.407	4,4%
Soja	15.395	38.432	75.324	8,3%
Arroz	9.997	10.386	13.613	1,6%
Trigo	3.078	3.194	5.882	3,3%

Fonte: IBGE (2013).

A cultura agrícola que apresentou maior evolução desde 1990 foi a soja, com crescimento médio anual de 8,3%. A cana-de-açúcar aparece em segunda posição, com aumento de 5,2% ao ano. Milho, trigo e arroz completam a tabela, com +4,4%, +3,3% e +1,6% ao ano, respectivamente.

Neste ponto cabe uma avaliação acerca da eficiência dos processos agrícolas no Brasil, ao longo das últimas duas décadas. Quatro dentre as cinco culturas mostradas na tabela anterior (cana-de-açúcar, milho, soja e trigo) apresentaram ritmo de crescimento de suas safras superior ao incremento na demanda de energia do setor agropecuário.

Assim, é natural deduzir que houve eficiência energética no segmento agrícola nacional, especialmente nas duas atuais principais lavouras: cana-de-açúcar e soja. Concomitantemente, constata-se que houve incremento de produtividade no campo, fato que também contribui para a redução da demanda de energia nas etapas de plantio, desenvolvimento da safra e colheita.

O indicador de produtividade (tonelada/área plantada) é analisado na Tabela 13 e é um importante indicador para compreensão das culturas que melhor absorveram o melhoramento genético e a mecanização no campo.

Nesta forma de análise, a soja perde a liderança para o trigo, cujo indicador de produtividade incrementou 5,5% ao ano ao longo de vinte anos. Em segundo lugar, a soja cresceu 4,6% e o milho, em terceiro lugar, subiu 4,0% anualmente.

Completando a relação temos a rizocultura e a cana-de-açúcar, com médias anuais de +3,6% e +1,3%, respectivamente. Então, entende-se que as expansões das safras de cana e soja se deram muito mais por aumento de área plantada do que por evolução da produtividade.

Tabela 13 - Produtividade Agrícola de Itens Selecionados

Indicadores agrícolas [t/ha]	1990	2000	2010	1990-2010
Cana de açúcar	60,8	66,8	78,3	1,3%
Milho	2,0	3,3	4,4	4,0%
Soja	1,3	2,8	3,2	4,6%
Arroz	2,4	2,8	4,9	3,6%
Trigo	0,9	2,1	2,7	5,5%

Fonte: IBGE (2013).

- Pecuária

Assim como na agricultura, o aumento da produtividade de proteína animal é consequência de melhor manejo dos rebanhos e melhores práticas zootécnicas, resultado de pesquisas da Embrapa⁹.

O aumento das taxas de abates indica uma maior necessidade de unidades de armazenamento refrigeradas, enquanto o aumento da intensificação aumenta a necessidade de máquinas para cultivo de ração.

A Tabela 14 registra a evolução temporal dos rebanhos bovino, suíno e de frangos no Brasil. Destes, a avicultura é a atividade que apresenta maior crescimento, com média de 4,2% ao ano.

⁹ Mais informações no sítio da Embrapa na rede mundial de computadores: www.embrapa.br.

A pecuária aparece em segundo lugar com aproximadamente 210 milhões de cabeças de gado em 2010, ou seja, crescimento de 42,5% em duas décadas. A suinocultura está na terceira posição, com incremento anual médio inferior a 1,0%.

Tabela 14 - Evolução de Rebanhos Seleccionados

Efetivo dos rebanhos [milhões de cabeças]	1990	2000	2010	1990-2010
Bovinos	147,1	169,9	209,6	1,8%
Suínos	33,6	31,6	39	0,7%
Aves ¹⁰	546,2	842,7	1.238,9	4,2%

Fonte: IBGE (2013).

A demanda de energia na criação de animais varia muito de um rebanho para outro, dependendo essencialmente de dois fatores: se o rebanho é confinado ou não e se existe algum sistema de condicionamento ambiental para melhorar a produtividade ¹¹ animal. A suinocultura e a avicultura são desenvolvidas de forma intensiva, em ambientes confinados, mas na maior parte do Brasil predomina a pecuária extensiva.

Nesse sentido, a avicultura tende a demandar mais energia que a atividade pecuária, por exemplo. Uma vez que a população brasileira de aves aumentou 127% desde 1990 e que o consumo de energia do setor agropecuário cresceu 37% no mesmo período, é natural deduzir que houve também ganhos de eficiência energética nos processos produtivos deste segmento econômico.

Outro indicador importante é aquele que relaciona os rebanhos bovino, suíno e avícola com a população humana em determinada região. Por meio da Tabela 15 é possível compreender o papel exportador de proteína animal, historicamente desempenhado pelo Brasil. No país existem atualmente mais de seis aves para cada cidadão, um boi por habitante e um porco a cada cinco pessoas.

Percebe-se que este setor vem obtendo ganhos de produtividade, em parte, deve ser reconhecido, associados a ganhos de eficiência energética (dentre outros). Mas, também não ser deixado de mencionar, por conta da evolução do valor adicionado (preço) das *commodities* nas últimas décadas.

¹⁰ Inclui galinhas, galos, frangas e frangos.

¹¹ Neste caso produtividade pode ser entendida não somente como a produção diária de leite e ovos, mas também como o ritmo de crescimento animal em regime de confinamento (especialmente na avicultura).

Tabela 15 - Indicadores da Pecuária Brasileira

Indicadores da pecuária	1990	2000	2010
População humana [milhões de habitantes]	149,3	175,1	196,4
Bovinos/habitante	0,99	1,14	1,07
Suínos/habitante	0,23	0,21	0,20
Aves/habitante	3,7	4,8	6,3

Fonte: EPE (2013b).

8. TENDÊNCIAS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR RESIDENCIAL

8.1 Tendências gerais de consumo

Como pode ser visto nas seções anteriores, tivemos ganhos de eficiência energética em alguns setores da economia, embora a intensidade energética total tenha se elevado nas últimas décadas, devido ao setor industrial.

Quando se analisa sob essa ótica dos consumidores finais, em especial as famílias, percebe-se a importância de novas ações voltadas para a eficiência energética no consumo final, em especial quando considerados os passivos decorrentes do baixo crescimento econômico nas décadas de 1980 e início da de 1990; que restringiram o consumo das famílias brasileiras.

Nesta seção fica evidenciado o impacto ocorrido após a estabilidade econômica obtida com o plano Real e a manutenção das condições econômicas favoráveis, além da política de distribuição de renda dos últimos quinze anos verificado no Brasil. A análise do setor residencial permite um diagnóstico interessante que associa a eficiência energética à melhoria de serviços energéticos.

Conforme pode ser verificado na Tabela 16 e na Figura 48, o quarto setor econômico em termos de maior demanda de energia em 2010 foi o setor residencial, com 23.562 mil tep (ou 9,8% do total).

Tabela 16 - Demanda de Energia no Setor Residencial

Consumo de energia por segmento	1990	2000	2010	2012
Setor residencial [10^3 tep]	18.048	20.688	23.562	23.761
Setor residencial (% da demanda total)	14,2%	12,0%	9,8%	9,4%

Fonte: EPE (2013c).

Em comparação ao início da década nota-se uma redução de participação relativa (em 2000 a fatia era de 12,0%). Em valores absolutos o incremento no setor residencial foi de 1,3% ao ano, ou cinco vezes menos que o setor energético, que o ultrapassou na terceira colocação.

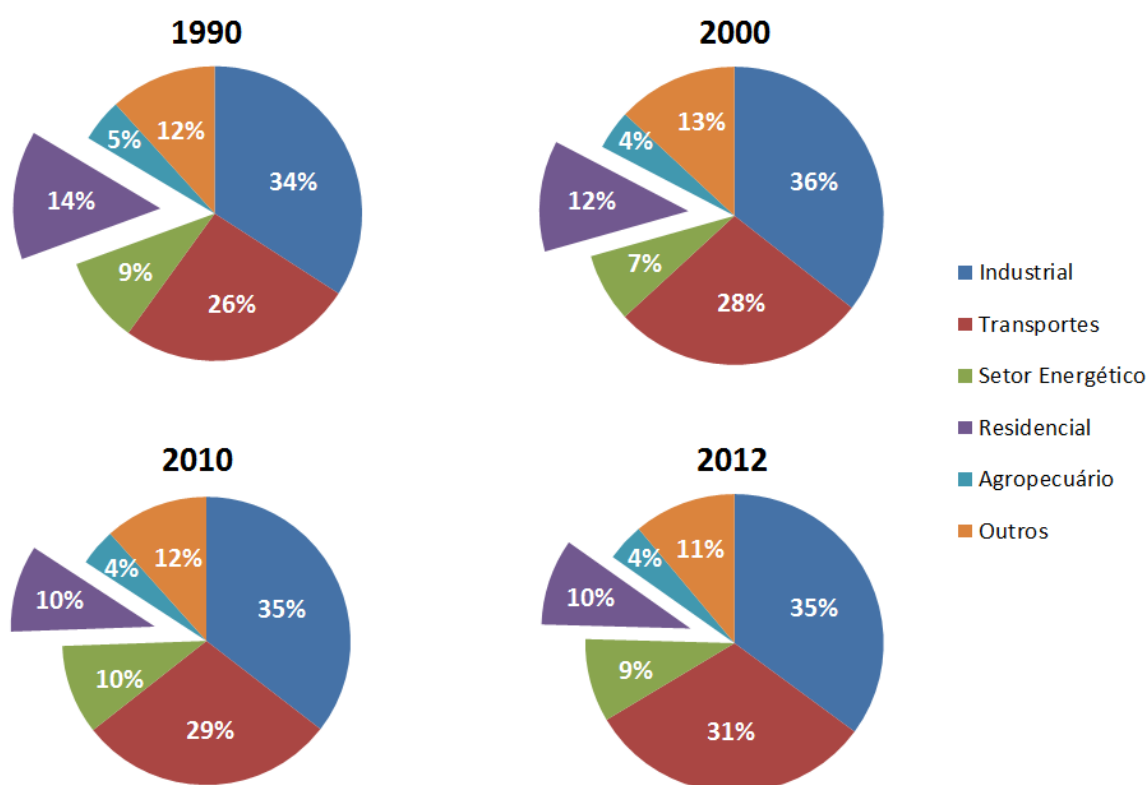


Figura 48 - Consumo Final de Energia do Setor Residencial
 Fonte: EPE (2013c).

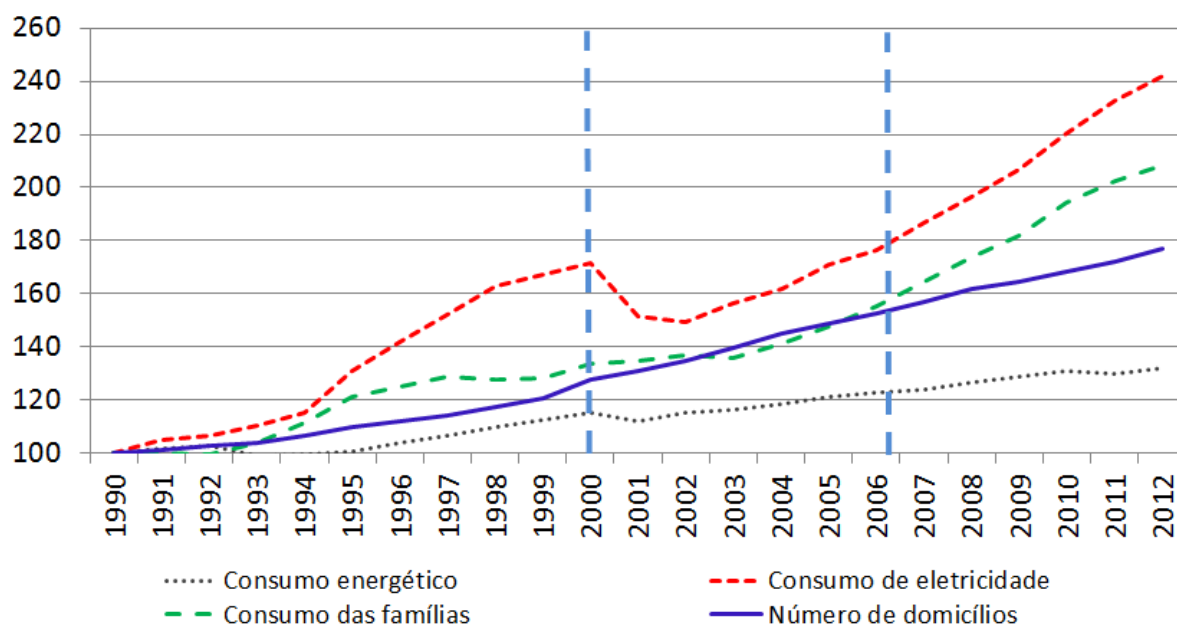


Figura 49 - Evolução do número-índice do consumo residencial de energia e Eletricidade, do consumo das famílias e do número de domicílios. (1990= 100).
 Fonte: EPE (2013b).

A Figura 49 ilustra as tendências de consumo de energia e eletricidade no setor residencial brasileiro, além do panorama do consumo das famílias e do aumento do número de domicílios, entre 1990 e 2012. Nas quatro curvas apresentadas a referência é o ano de 1990, definido como patamar igual a 100.

O que se observa em destaque no período é o significativo crescimento do consumo de eletricidade residencial. Em 22 anos mais que duplicou (140% de elevação). É interessante notar a correlação entre a demanda de eletricidade (curva vermelha) e o consumo das famílias (curva verde). Na segunda metade da década de 1990, após o lançamento do plano Real (plano econômico) observa-se um incremento no consumo das famílias (em 1995 o consumo das famílias já era 21% superior ao nível de 1990), acompanhado pelo consumo de eletricidade.

Como mencionado anteriormente é preciso levar em consideração que previamente ao plano Real, entre meados da década de 1980 e 1994, havia no Brasil uma situação de hiperinflação, quando o país chegou a registrar uma taxa de inflação média da ordem de 1.000% ao ano. Com o passar dos anos, uma vez que os salários não foram reajustados no mesmo patamar inflacionário, houve perda do poder de compra das famílias. Assim, foi criada uma significativa demanda reprimida por eletrodomésticos (entre outros itens).

A partir de 1994 começa a ocorrer uma elevada aquisição de diversos eletrodomésticos pelas famílias brasileiras (além do aumento da quantidade de horas de uso dos mesmos), o que impactou diretamente o consumo elétrico residencial. Neste contexto, é fácil entender o motivo de 1995 ter registrado um aumento de 31% em relação à demanda elétrica de 1990.

O auge da diferença entre as duas variáveis foi o ano 2000, quando o consumo das famílias registrava índice 134 e o consumo de eletricidade atingiu 172 (ano base 1990 =100). Após a crise de racionamento de eletricidade, no ano seguinte, a demanda elétrica no setor residencial reduziu-se significativamente e a correlação desta com o consumo das famílias fica mais evidente.

Entre 2001 e 2012 o consumo das famílias cresceu a uma taxa média de 4,1% ao ano, passando do nível 134 para 208. Enquanto isto a demanda elétrica elevou-se em média 4,3% ao ano, de 152 pontos para 242 (Figura 49).

O número de domicílios também influencia o consumo de energia. No decorrer do período de 22 anos a quantidade de lares aumentou 77%. A tentativa de reduzir o passivo habitacional, combinado ao crescimento populacional, colocaram no mercado nesse período cerca de 27 milhões de novas unidades consumidoras de energia. Isto equivale a pouco de mais de 60% consumo energético das famílias na Espanha em 2010 ou quase quatro vezes a demanda dos lares de Portugal no mesmo ano.

Se por um lado há um crescimento do consumo de eletricidade a uma taxa menor que a dos novos lares, o mesmo não se pode dizer do crescimento do consumo de energia/lar. A Figura 50 ilustra as demandas de eletricidade e de energia, por domicílio brasileiro, entre 1990 e 2012. O eixo vertical esquerdo é a referência para o consumo energético (curva verde) e mostra que a demanda por domicílio de energia nos lares brasileiros tem caído no decorrer deste período.

Em 1990 uma residência típica consumia 0,51 tep/ano, montante que diminuiu para 0,43 tep/ano em 2001 e 0,38 tep/ano em 2012. A redução média foi, então, de 1,3% ao ano. Parte deste resultado é fruto da substituição da lenha por outras fontes de energia. Também se verificam ganhos de eficiência na cocção e no aquecimento de água, entre outros usos finais.

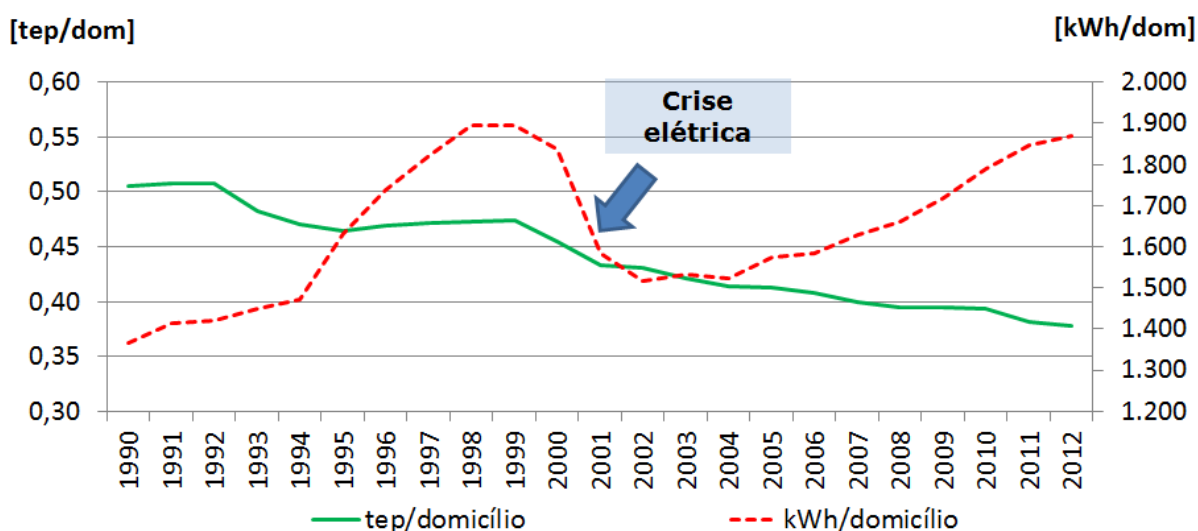


Figura 50 - Evolução recente dos consumos elétrico e energético por domicílio no Brasil
 Fonte: EPE (2013b).

Contudo, é preciso destacar que houve uma mudança no perfil da família brasileira. Nestes 22 anos houve um decréscimo na quantidade média de moradores em cada domicílio: em 1990 havia 4,2 pessoas/lar contra 3,2 pessoas/lar em 2012.

Mesmo sabendo que o consumo energético de uma residência não seja diretamente proporcional à quantidade de moradores, a diminuição de 25,3% na demanda dos domicílios brasileiros é, em parte, explicada pela variação na quantidade média de moradores em cada residência (-1,0 habitante/domicílio), conforme mostrado na Figura 51.

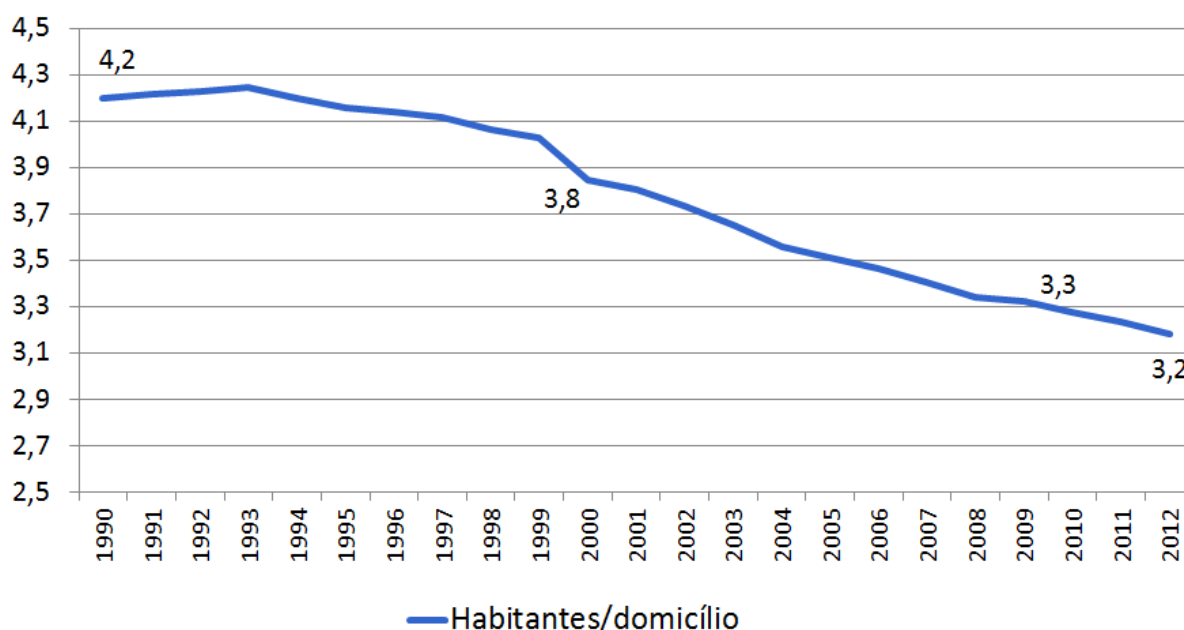


Figura 51 - Quantidade Média de Habitantes por Domicílio no Brasil - 1990 a 2012
Fonte: EPE (2013b).

Esta observação é corroborada pela análise de consumo energético residencial per capita. Em 2012 o indicador registra 0,119 tep/habitante ante 0,120 tep/habitante em 1990 (-1,5%), ou seja, sem oscilações significativas no período. O uso cativo de eletricidade indica uma tendência é eletrificação crescente das residências e a estagnação do consumo de energia para uso térmico, seja cocção ou aquecimento de água.

De fato, o eixo vertical à direita da Figura 50 é a referência para a demanda residencial de eletricidade (curva vermelha). Entre 1990 e 1994 registrou-se crescimento de 1,9% ao ano, passando de 114 kWh/mês/domicílio para 123 kWh/mês/domicílio.

A partir do lançamento do Plano Real (1994) houve um incremento maior até o ano 2000, em média 3,7% ao ano, quando o consumo elétrico foi de 153 kWh/mês/domicílio. No ano de 2001 houve um racionamento elétrico no Brasil e o governo federal estipulou uma meta obrigatória de redução de 20% da demanda para o setor residencial, nas regiões Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste, além de parte da região Norte. Esta medida teve vigência durante o segundo semestre de 2001 e o início de 2002.

Por este motivo em 2001 a demanda elétrica residencial média foi de 132 kWh/mês/domicílio, montante 14% inferior ao ano anterior. No ano seguinte, houve redução de mais 4%, para o patamar mínimo de 126 kWh/mês/domicílio.

Após 2002, o comportamento da demanda elétrica apresentou a trajetória crescente com média de 2,1% ao ano, o fez com que o consumo aumentasse de 128 kWh/mês/domicílio em 2003 para 156 kWh/mês/domicílio em 2012.

Cabe destacar que depois da crise de racionamento de eletricidade em 2001 foram lançados no mercado nacional eletrodomésticos mais eficientes (com menor consumo específico), em parte induzidos pela lei nº 10.295/2001, que estabelece índices mínimos de eficiência energética para equipamentos comercializados no Brasil. Assim, com o passar dos anos estes equipamentos mais modernos foram substituindo gradualmente os existentes nos lares, menos eficientes. Consequentemente, houve ganhos de eficiência e redução da demanda elétrica associados a esta substituição.

Contudo, se a análise for feita por cidadão, ao invés de por residência, o diagnóstico não se altera tanto. Em 1990 a demanda elétrica residencial era de 27,1 kWh/habitante/mês. Em 1994 foi 29,2 kWh/habitante/mês, aumento médio de 1,9% ao ano. Após o plano Real, a taxa de crescimento aumentou significativamente, para 5,3% ao ano, alcançando 39,8 kWh/habitante/mês.

Com o racionamento de energia elétrica, a demanda individual caiu 12,8% em 2001 e mais 2,5% em 2002, para 34,7 kWh/habitante/mês e 33,8 kWh/habitante/mês, respectivamente. A partir de 2003 a demanda elétrica per capita voltou a crescer, a 3,8% ao ano, saltando de 35,0 kWh/habitante/mês para 49,0 kWh/habitante/mês.

No que tange aos principais programas de eficiência energética estabelecidos no país, todos englobam ações no segmento residencial. Este é o caso do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), do PROCEL e do CONPET, que atuam na aferição de desempenho de eletrodomésticos, na conscientização e na redução das demandas elétrica e energética em edificações, respectivamente.

Ademais, houve a publicação de diversas portarias interministeriais que regulamentaram a Lei 10.295/2001 (“Lei de Eficiência Energética”). O Quadro 2 resume as onze portarias que tiveram aplicação no setor residencial e abrangeram seis diferentes categorias de produtos.

Quadro 2 - Regulamentação da Lei 10.295/2001 no Setor Residencial

Legislação Específica	Equipamentos Contemplados
Portarias Interministeriais nº 132/2006 e nº 1008/2010	Lâmpadas Fluorescentes Compactas
Portarias Interministeriais nº 362/2007 e nº 326/2011	Refrigeradores e Congeladores
Portarias Interministeriais nº 363/2007 e nº 325/2011	Fornos e Fogões a Gás
Portarias Interministeriais nº 364/2007, nº 323/2011 e nº 324/2011	Condicionadores de Ar
Portaria Interministerial nº 298/2008	Aquecedores de Água e Gás
Portaria Interministerial nº 1007/2010	Lâmpadas Incandescentes

Fonte: Brasil (2006, 2007a, 2007b, 2007c, 2008, 2010b, 2010c, 2011a, 2011b, 2011c, 2011d)

8.2 Consumo de energia por usos finais

Realmente a tendência de eletrificação crescente vem sendo corroborada quando analisamos os diferentes usos finais de energia nos lares. A Figura 52 mostra a distribuição da demanda de energia das famílias brasileiras, nos anos 2005 e 2010.

Em ambos os anos, a cocção é o uso final com maior consumo energético nos lares: 64% do total em 2005 e 58% em 2010. Mais detalhadamente, lenha e carvão vegetal (combustíveis cuja queima é menos eficiente e que são mais utilizados nas áreas rurais) são majoritários em relação ao GLP e ao gás natural (ambos utilizados em fogões mais modernos, com combustão mais controlada e, portanto, mais eficiente).

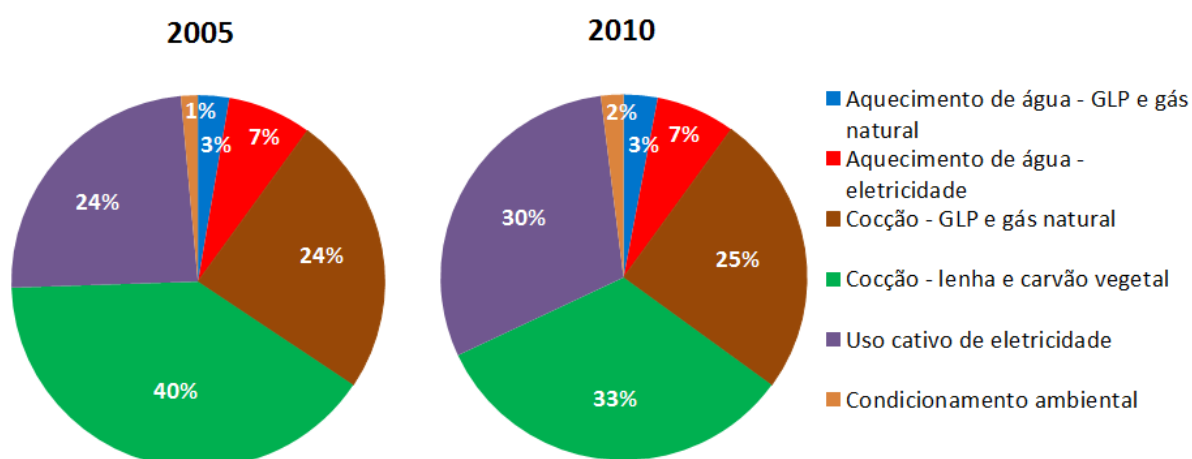


Figura 52 - Demanda de Energia Residencial por Uso Final
 Fonte: EPE (2013b, estimativa).

A segunda maior parcela é o uso elétrico cativo, que inclui todos os eletrodomésticos de uso regular (geladeira, televisão, DVD, entre outros), além das lâmpadas incandescentes e fluorescentes. Em 2010, o uso elétrico cativo somava 30% da demanda energética total de um domicílio, seis pontos percentuais acima da parcela registrada em 2005.

Em terceiro lugar aparece o aquecimento de água, com 10% da demanda de energia nos lares brasileiros. Nos dois anos mostrados a eletricidade foi a fonte de energia predominante para esta finalidade, com participação de 70%. A parcela restante, 30%, se deve aos aquecedores de água por combustão, a gás natural e a GLP. Por último está o uso final climatização de ambientes, através da utilização de aparelhos de ar condicionado, totalizando 1% em 2005 e 2% em 2010.

A Figura 53 apresenta um foco sobre a atividade de cocção nos lares, nos anos 2000, 2005 e 2012. Nota-se que a participação da lenha é decrescente neste horizonte, sendo no último ano cerca de 1% menor que em 2000.

Em valores absolutos, no ano 2000 consumia-se 0,282 tep/domicílio. Este indicador caiu 5,5% até 2005, quando foi de 0,266 tep/domicílio. Em 2012 a demanda para cocção foi ainda menor, 0,206 tep/domicílio. Assim, em doze anos a redução observada foi de 27%, ou uma queda média de 2% ao ano.

Na Figura 54 pode-se observar que entre 1990 e 2010 a substituição da biomassa (lenha) pelo GLP contribuiu para a redução de 2,3% ao ano, em média, no consumo final de energia para cocção no segmento residencial.

A energia final diminuiu 1,5% ao ano, em média, nestas duas décadas. Assim, o efeito substituição, que seria a diferença entre as variações de energia final e de energia útil, registrou queda anual de 0,8%.

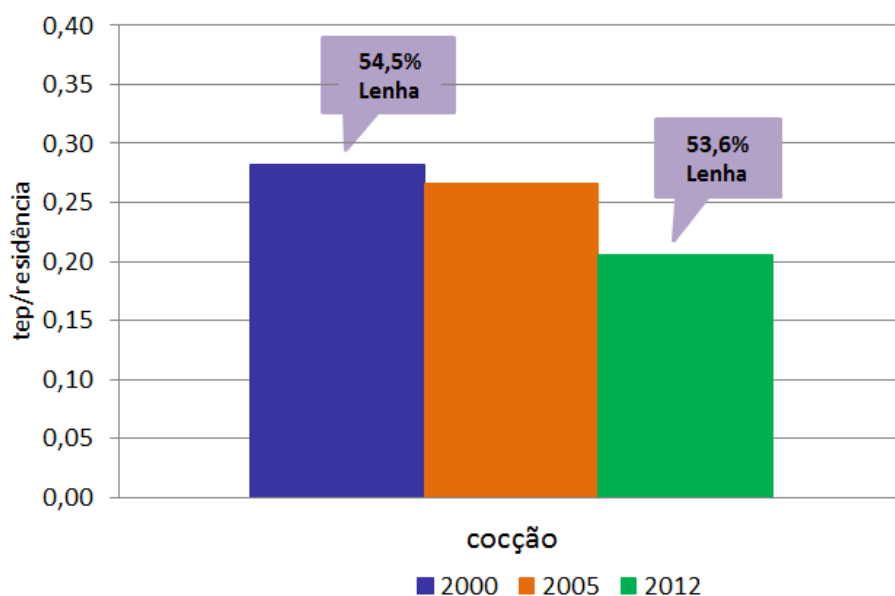


Figura 53 - Consumo de Energia para Cocção por Domicílio
 Fonte: EPE (2013b, estimativa).

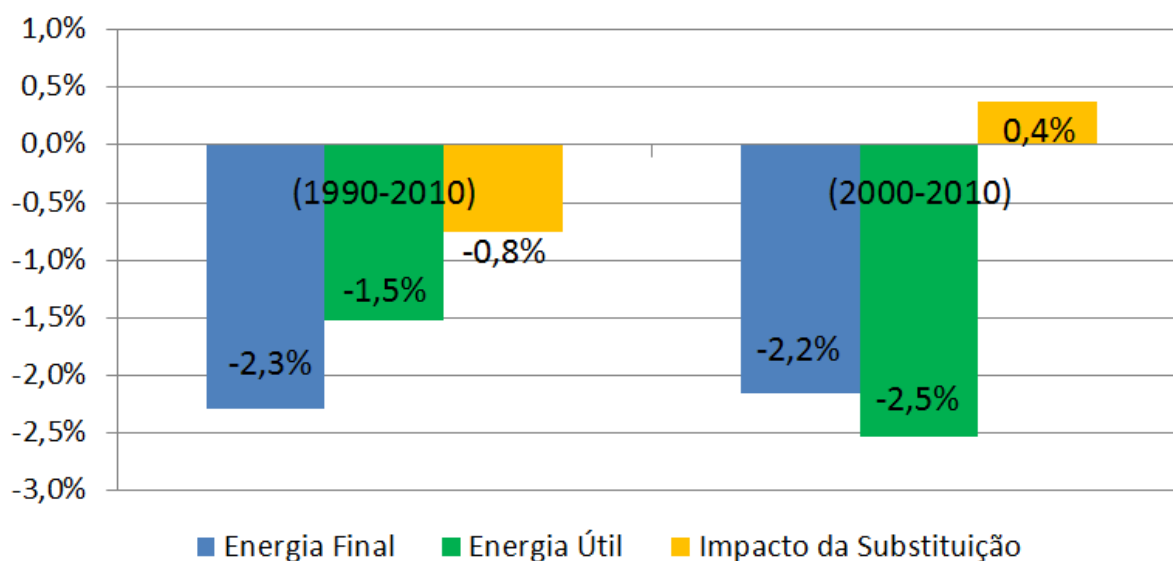


Figura 54 - Efeito Substituição na Cocção Residencial.
 Fonte: EPE (2013b, estimativa).

A partir do ano 2000 a tendência verificada é de ligeira inversão e a substituição de combustíveis culmina em um aumento discreto no consumo energético para cocção por domicílio (+0,4% ao ano).

Embora crescente o consumo, no caso do uso de eletricidade um modo interessante de decifrar o perfil de demanda do setor residencial é decompor o consumo elétrico por uso

final e/ou equipamento, conforme mostrado na Figura 55. No caso do uso térmico para cocção percebe-se ganhos de eficiência oriundos da substituição de combustíveis e uso de equipamentos mais eficientes. Em 2005 a média foi de 1.574 kWh/domicílio, sendo que mais da metade (71,0%) era destinada a eletrodomésticos. Nas residências também houve ganho de eficiência, como será evidenciado mais adiante.

Chuveiros elétricos consumiram 22,2% do total (349 kWh/domicílio) e outros 18,3% (288 kWh/domicílio) foram para iluminação. A obtenção de conforto térmico através de aparelhos de ar condicionado demandou 106 kWh/domicílio (6,7%).

Em 2012 o consumo total subiu para 1.870 kWh/domicílio e os eletrodomésticos continuaram sendo a parcela majoritária, com 73,9% (1.382 kWh/domicílio). A participação dos chuveiros elétricos caiu para 18,0% (337 kWh/domicílio), assim como o montante de eletricidade destinado à iluminação dos lares, reduzido para 16,2% (ou 302 kWh/domicílio). Por fim, os equipamentos de ar condicionado demandaram 8,0% da energia elétrica em 2012 (150 kWh/domicílio).

O aumento da posse e uso de equipamentos elétricos (fora chuveiro) de fato é o que pode explicar a elevação do consumo de eletricidade por domicílio, como mostrado mais adiante. A manutenção de valores absolutos de uso elétrico para aquecimento de água se deve em especial à penetração do aquecimento solar, como será mostrado adiante.

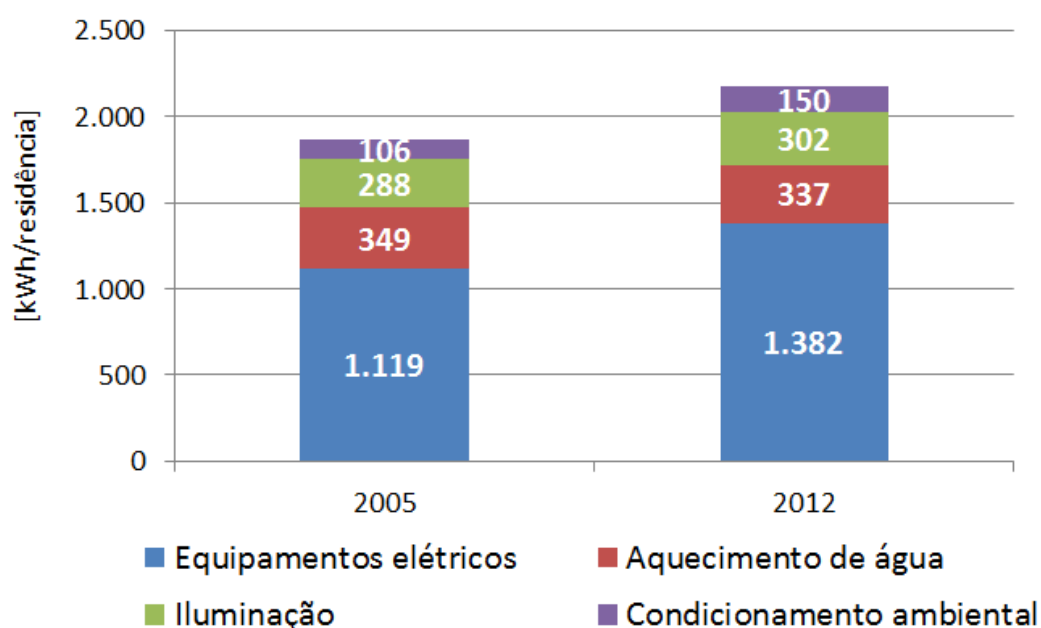


Figura 55 - Consumo Elétrico Residencial por Uso Final
Fonte: EPE (2013b, estimativa).

8.3 Penetração de equipamentos e eletrodomésticos eficientes

A instalação de aquecedores solares de água em telhados é um fenômeno relativamente recente no Brasil. A Figura 56 apresenta a curva de entrada desta tecnologia no Brasil, entre os anos de 2005 e 2012. Embora o uso de aquecedores solares não represente exatamente o conceito de eficiência energética¹², a contabilização de seu uso é importante porque representa um consumo evitado a partir de uma fonte renovável e pressão ambiental relativamente menor sobre o uso de recursos naturais.¹³

Na Figura 56 é apresentado o percentual de domicílios com este tipo de equipamento no telhado, enquanto que no eixo vertical esquerdo é mostrada a área já instalada de painéis solares.

Entre 2005 e 2012 o percentual de residências que contavam com aquecedores solares mais que triplicou, de 1,3% para 4,7%. Isto se deve à inclusão destes no programa “Minha Casa Minha Vida”¹⁴, do governo federal brasileiro.

¹² Uma vez que, nesse caso, o que ocorre é a substituição de uma fonte de energia (eletricidade) por outra (energia solar), não implicando em reduzir a demanda efetiva de água quente para banho;

¹³ Embora não haja custo associado à extração do recurso solar, a fabricação dos componentes gera certo grau de impacto ambiental, ainda que substancialmente menor do que considerando a cadeia toda de produção de eletricidade.

¹⁴ O Programa Minha Casa, Minha Vida se propõe a subsidiar a aquisição da casa própria para famílias com renda até R\$ 1.600,00 e facilitar as condições de acesso ao imóvel para famílias com renda até R\$ 5.000,00. Para participar do programa as famílias deverão estar enquadradas nas faixas de renda previstas e a seleção dos beneficiários é de responsabilidade das prefeituras. Toda família com renda bruta mensal de até R\$ 5.000,00 pode participar, desde que não possua casa própria ou financiamento em qualquer unidade da federação, ou tenha recebido anteriormente benefícios de natureza habitacional do Governo Federal.

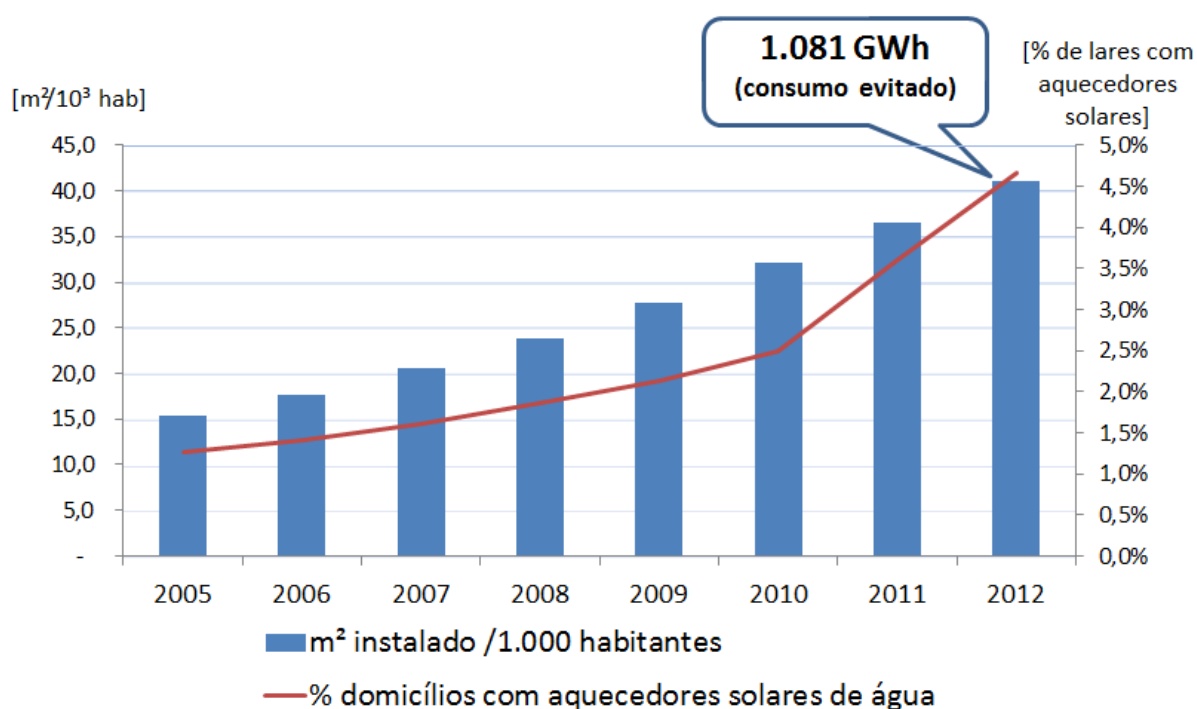


Figura 56 - Penetração de Aquecedores Solares de Água
Fonte: ABRAVA (2013).

Neste contexto, a área instalada de aquecedores solares de água subiu 15,0% ao ano, em média, neste mesmo período. Em 2005 havia 15,4 m²/1.000 habitantes, quantidade que se tornou 41,0 m²/1.000 habitantes em 2012. Como fruto da adoção desta tecnologia no país, estima-se que foi possível evitar o consumo de 1.081 GWh em 2012, o que representou 0,9% da demanda elétrica do setor residencial naquele ano.

Em uma primeira análise o montante economizado pode parecer relativamente pequeno mas, tendo em vista o uso final ao qual está associado (aquecimento de água), se torna relevante. Adicionalmente, é válido acrescentar que a parcela de demanda elétrica evitada em 2012 corresponde a não precisar utilizar uma usina hidrelétrica de 225 MW.

8.4 Aparelhos eletrodomésticos

A Figura 57 indica a evolução da posse de alguns equipamentos eletrodomésticos pelas famílias brasileiras, entre 2005 e 2012. Foram avaliados os seguintes itens: geladeiras, máquina de lavar roupa, televisores, chuveiros elétricos, condicionadores de ar, *freezers* e lâmpadas.

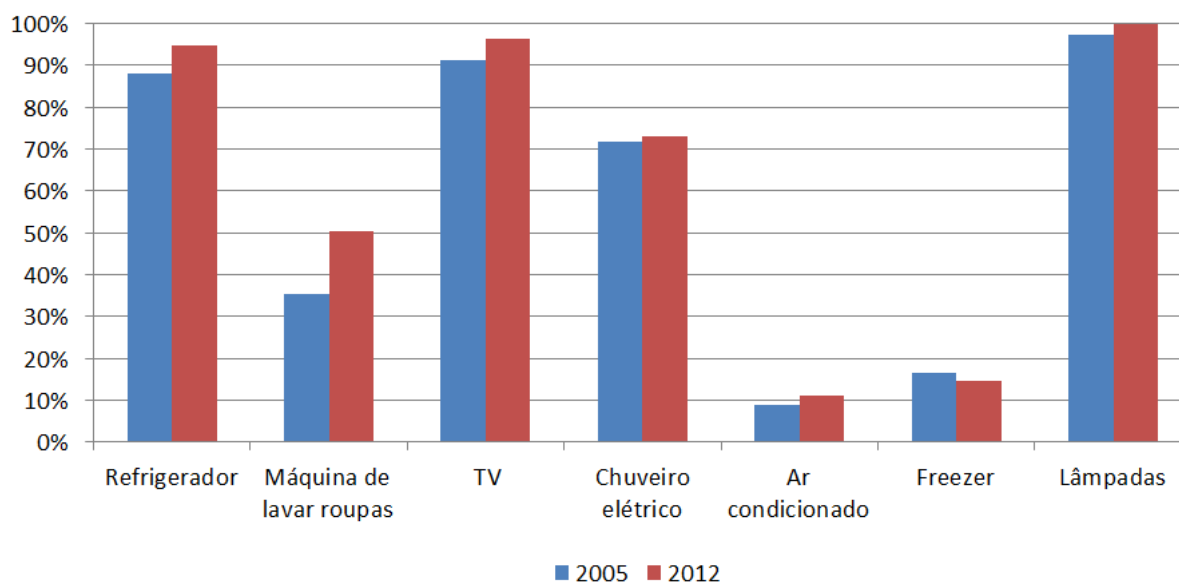


Figura 57 - Posse Média de Equipamentos Eletrodomésticos no Setor Residencial
 Fonte: Dados de 2005: ELETROBRAS (2006); Dados 2012: estimativa EPE (2013).

Em quase todos os casos houve aumento no percentual de posse, conforme é esperado em países em desenvolvimento, como o Brasil. As duas exceções foram os *freezers*, onde se verificou redução de 16,5% para 14,7% dos domicílios ¹⁵ e no caso de chuveiros elétricos, onde houve queda de 71,9% para 70,1% (fruto da expansão da malha de gás natural residencial).

Entre 2005 e 2012 a posse de geladeiras subiu de 87,9% para 94,5% das famílias. As máquinas de lavar roupa foram o item de maior aumento: 35,3% para 50,0%. Os televisores, que estavam em 91,3% dos lares em 2005, agora estão presentes em 96,3%.

Chuveiros elétricos variaram pouco: de 71,9% para 70,1%, assim como os aparelhos de ar condicionado: de 8,9% para 11,1%. Por fim, as lâmpadas estão presentes em quase todas as habitações: 99,5% (ou 2,3% a mais do que o patamar de 2005).

No ano retrasado os sete equipamentos discutidos acima foram responsáveis por 81% do consumo de eletricidade nos domicílios brasileiros (vide Figura 58). Conforme apresentado, o item responsável pelo maior consumo elétrico dos lares é a geladeira, com 18,3% do total. Em seguida aparecem o chuveiro elétrico, com 18,0%, e as lâmpadas, com 16,2%. Vale destacar que, somados, estes três equipamentos correspondem a mais da metade da demanda residencial de eletricidade no Brasil.

¹⁵ Isto se justifica em razão de o freezer ser um equipamento historicamente relacionado ao hábito de se estocar alimentos para mitigar os efeitos da hiperinflação existente no Brasil até o início da década de 1990 (antes do Plano Real). No cenário mais recente, de menor inflação, não ocorre substituição no fim da vida útil desse eletrodoméstico e, conseqüentemente, a posse média decai nos últimos anos.

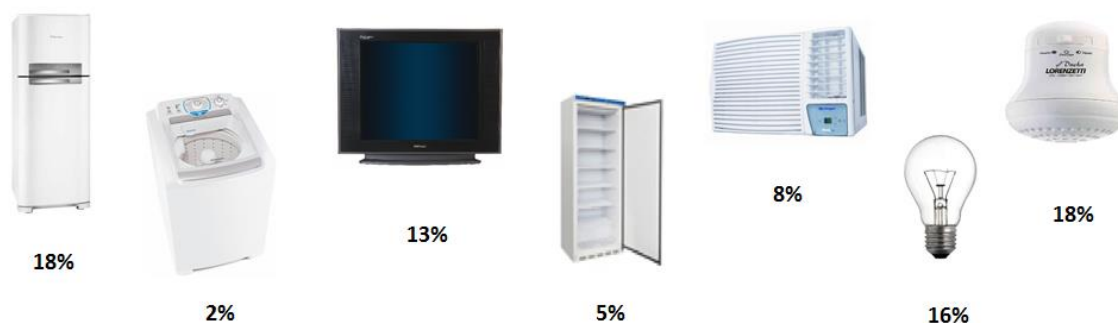


Figura 58 - Consumo de Energia Elétrica Residencial por Equipamento em 2012 (%)
 Fonte: Estimativa EPE (2013).

Os outros quatro eletrodomésticos mostrados (televisão, freezer, ar condicionado e lavadora de roupas) totalizaram 29% do consumo de eletricidade das famílias verificado em 2012.

A maior posse e uso de equipamentos significa melhoria de bem-estar para as famílias brasileiras, conforme explicado anteriormente. Mas este ganho de bem-estar também veio acompanhado do de eficiência energética.

A questão dos ganhos de eficiência energética fica evidenciada nas Figura 59, Figura 60 e Figura 61. A variação de consumo no período analisado (barra azul) é a soma entre os efeitos demográfico (barra amarela) e posse de equipamentos (barra vermelha), descontando-se os ganhos de eficiência (barra verde).

O crescimento populacional no Brasil entre 2005 e 2012 foi de 7,8% (1,1% ao ano, em média), tendo a população passado de 185,6 milhões em 2005 para 200,1 milhões em 2012.

No caso dos aparelhos de ar condicionado (Figura 59), a variação de consumo em sete anos foi de 2.600 GWh. A maior contribuição para esta variação veio do aumento da posse média de equipamentos nos lares (2.247 GWh) e, em menor escala, em decorrência do aumento do número de domicílios (790 GWh).

Por último a economia de energia elétrica entre 2005-2012 totalizou 438 GWh, o que significa dizer que 14,4% do consumo elétrico para este uso final foi atendido com ganhos de eficiência energética.

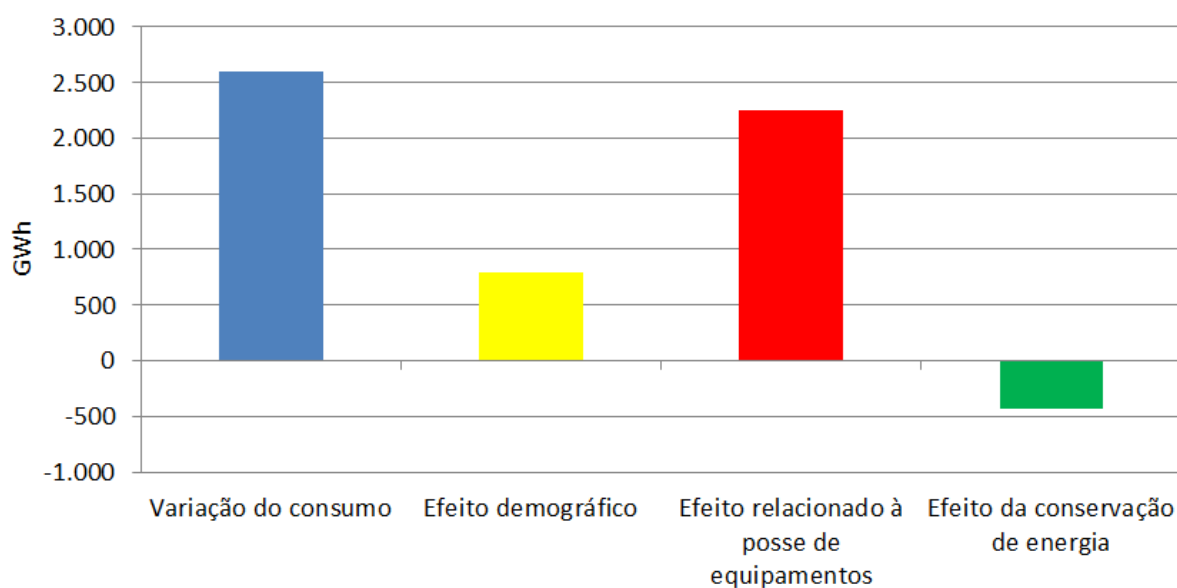


Figura 59 - Decomposição do Consumo Elétrico para Climatização Ambiental - 2005 a 2012
Fonte: ELETROBRAS (2006, estimativa) e IBGE (2013, adaptado).¹⁶

No caso das geladeiras (Figura 60) o efeito demográfico foi o majoritário (3.757 GWh), enquanto a posse de equipamentos contribuiu com 1.402 GWh. As duas parcelas totalizariam uma demanda 5.159 GWh, mas 21,7% deste montante (1.119 GWh) foram compensados pelos ganhos de eficiência energética.

Portanto, o aumento no consumo elétrico residencial entre 2005 e 2012, exclusivamente para atendimento de geladeiras, foi de 4.039 GWh.

¹⁶ As populações de 2005 e 2012 foram aquelas divulgadas pelo IBGE, tendo sido feita apenas a projeção para 31 de dezembro de cada ano base. A posse de equipamentos e o consumo elétrico específico dos mesmos para o ano 2005 foram retirados da “Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso” (Eletrobras/Procel, 2005) e estimados pela EPE para o ano 2012.

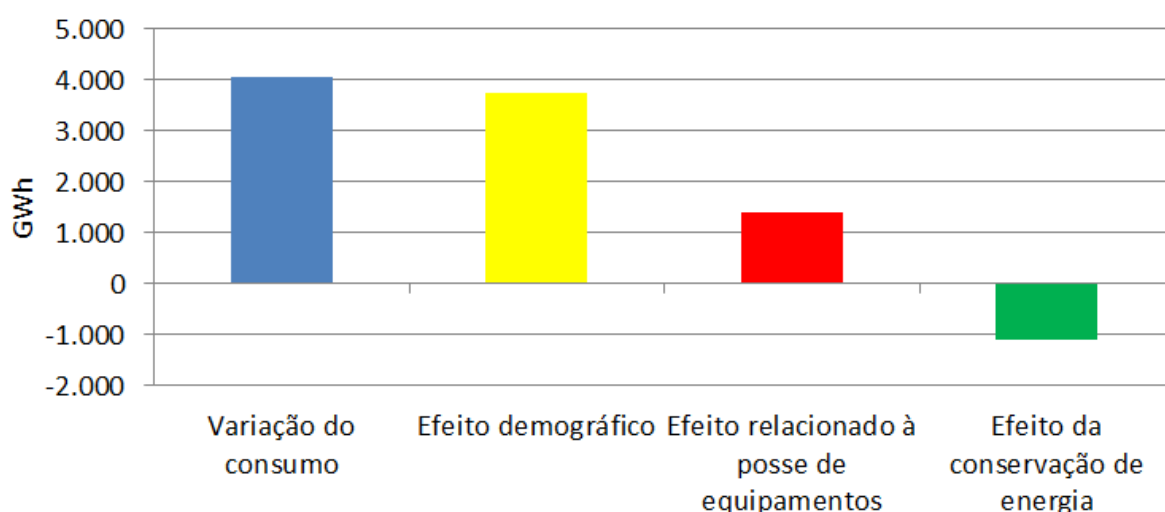


Figura 60 - Decomposição do Consumo Elétrico de Geladeiras - 2005 a 2012

Fonte: ELETROBRAS (2006, estimativa) e IBGE (2013, adaptado).¹⁷

A Figura 61 trata, de forma análoga às duas figuras anteriores, de lavadoras de roupa. Conforme apresentado o aumento dos domicílios entre 2005 e 2012 incrementou a demanda em 474 GWh, ao passo que a posse de equipamentos contribuiu com aumento de 262 GWh.

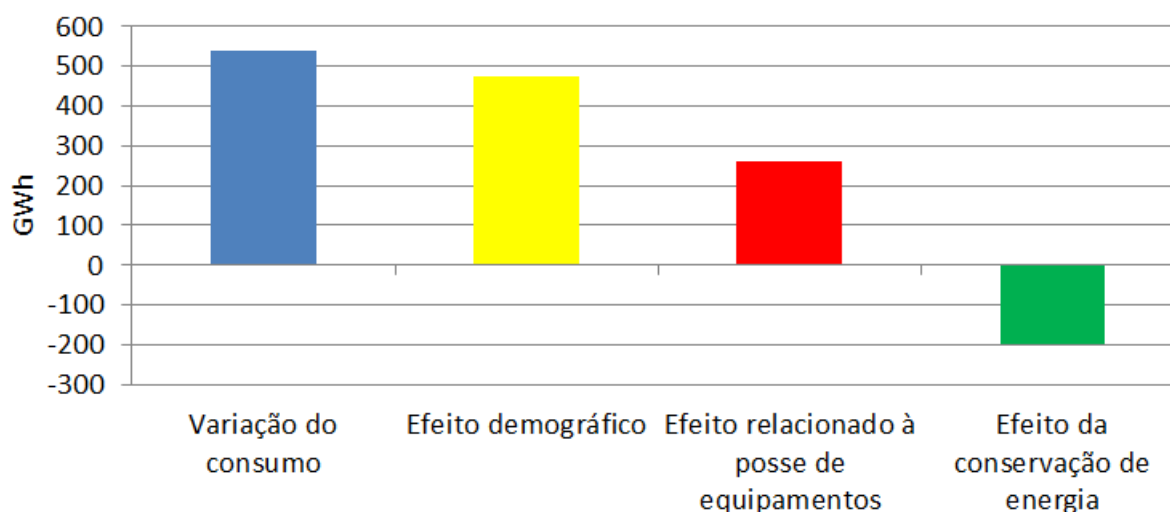


Figura 61 - Decomposição do Consumo Elétrico em Máquinas de Lavar Roupa - 2005 a 2012

Fonte: ELETROBRAS (2006, estimativa) e IBGE (2013, adaptado).¹⁸

Juntas estas duas parcelas somariam 736 GWh mas, devido aos ganhos de eficiência energética (200 GWh), a variação de consumo neste período ficou em 536 GWh. Assim, é

¹⁷ Idem nota de rodapé anterior;

¹⁸ Idem acima.

possível concluir que 27,2% da demanda elétrica residencial destinada a este equipamento foi atendida com a parcela de eficiência energética.

De modo que somando-se os ganhos estimados de eficiência energética, oriundos de climatização, geladeiras e máquinas de lavar roupa tem-se um consumo evitado médio de 251 GWh/ano a partir de 2005. Isto equivale ao deslocamento de uma térmica a carvão mineral com 85 MW de capacidade instalada.

9. TENDÊNCIAS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SETOR TRANSPORTES

Além do setor residencial o setor transportes também está diretamente vinculado ao consumo final das famílias. Mas também correlacionando-se ao movimento discutido anteriormente do agropecuário e da indústria, em especial. Assim, tanto o forte crescimento do consumo das famílias nas últimas décadas, como a forte expansão da produção agropecuária e industrial explicam o crescimento do consumo observado neste setor.

É um setor de difícil monitoramento no que se refere à eficiência energética. Mas a seguir são apresentados os principais movimentos ocorridos nos últimos anos e fica evidente que são grandes as oportunidades e esforços a serem feitos para melhoria da eficiência energética neste setor.

A Tabela 17 e a Figura 63 mostram que, depois da indústria, o setor de transportes é o mais representativo no Brasil em termos de consumo de energia final, e sua participação aumentou de 25,8% em 1990 para 31,3% em 2012. Em termos absolutos, isto significa um acréscimo anual médio de 4,1% durante o período 1990 a 2012.

A Figura 62 mostra a matriz energética no setor, por fonte. Nota-se que houve redução das parcelas de óleo diesel (51% para 49%) e de gasolina automotiva (28% para 25%), contra aumento do etanol (12% para 17%).

Tabela 17 - Demanda de Energia no Setor Transportes

Consumo de energia por segmento	1990	2000	2010	2012
Setor transportes [10^3 tep]	32.964	47.385	69.720	79.308
Setor transportes (% da demanda total)	25,8	27,6	28,9	31,3

Fonte: EPE (2013c).

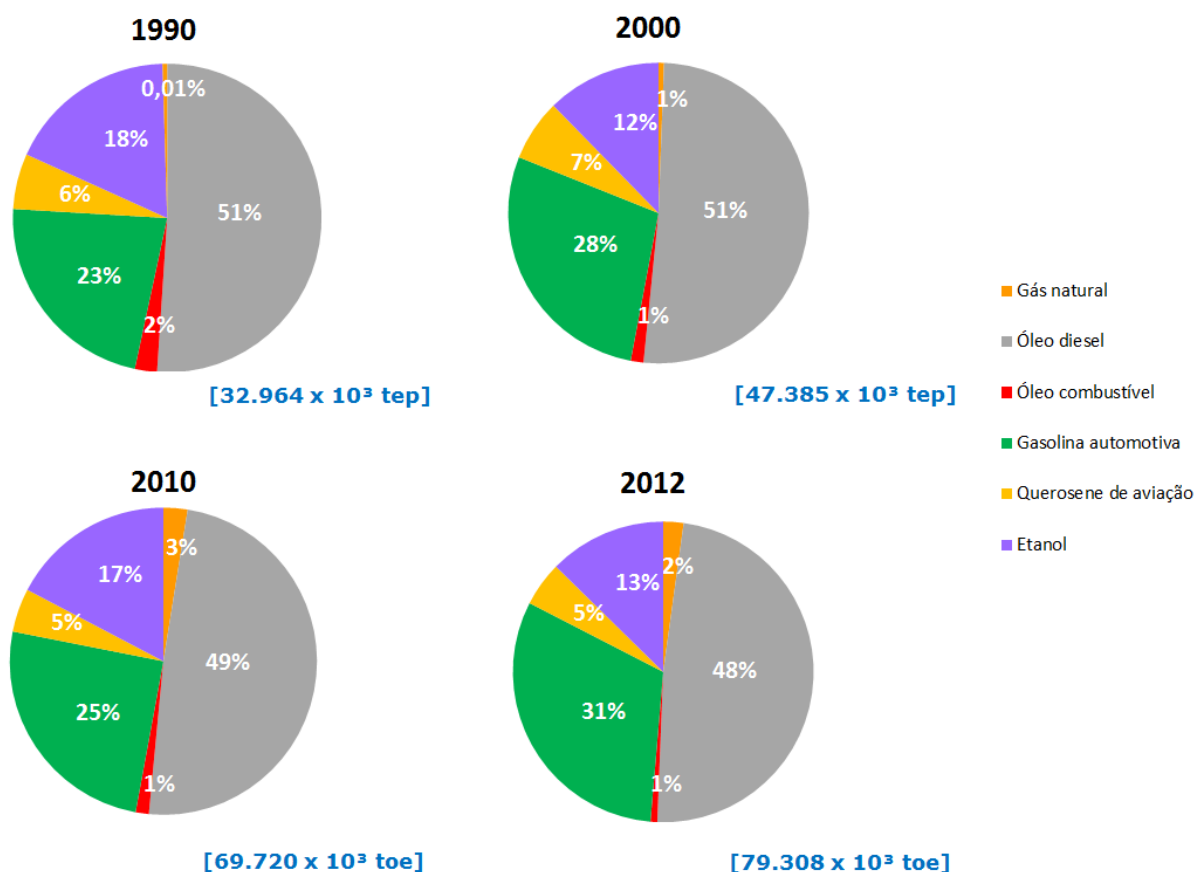


Figura 62 - Consumo de Energia no Setor Transportes por Fonte
 Fonte: EPE (2013c).

A predominância destes combustíveis é explicada pela estrutura de transportes no Brasil, que é majoritariamente rodoviária (caminhão, ônibus, automóveis, comerciais leves e motocicletas). Os modais ferroviário, hidroviário e aeroviário representaram em 2000, somados, 10% da demanda de energia do setor transportes, sendo esta participação ainda menor em 2010. A aviação nacional, por exemplo, caiu dois pontos percentuais, de 7% para 5%, no mesmo intervalo.

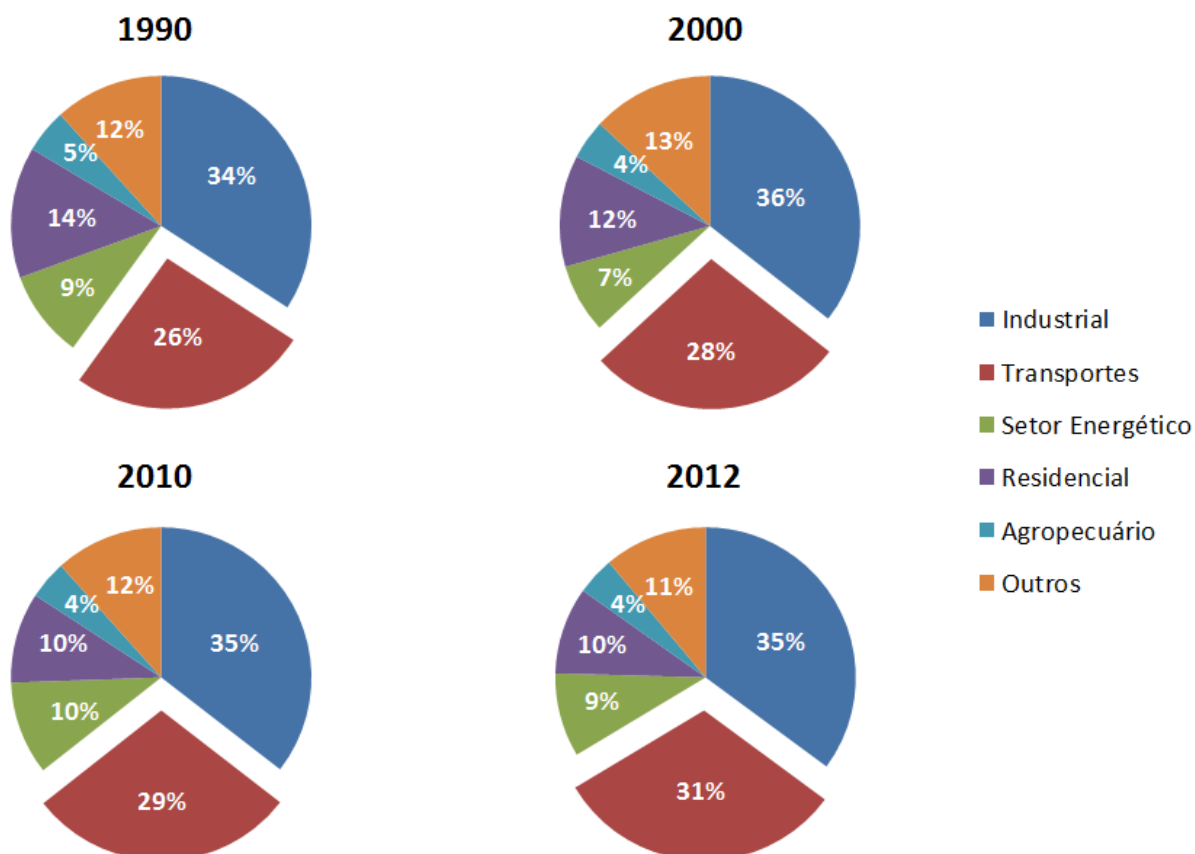


Figura 63 - Consumo Final de Energia do Setor Transportes
 Fonte: EPE (2013c).

O consumo total do setor transportes subiu 47% na década (média anual de 3,9%), de 47,4 milhões de tep para 69,7 milhões de tep, conforme pode ser visto na Figura 64.

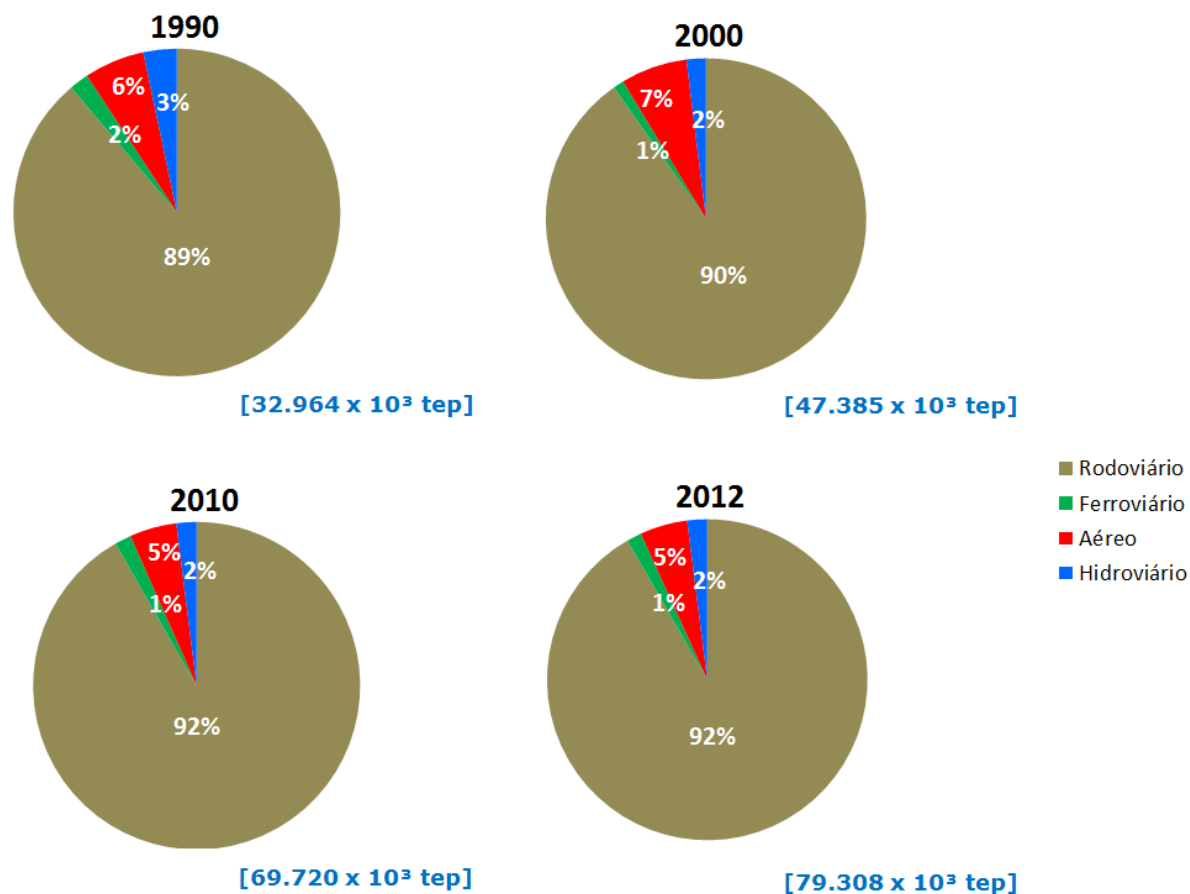


Figura 64 - Consumo de Energia no Setor Transportes por Modal
 Fonte: EPE (2013c).

Neste setor, além da predominância rodoviária, o transporte de passageiros é majoritário e tem aumentado sua participação em relação ao transporte de cargas, conforme a Figura 65.

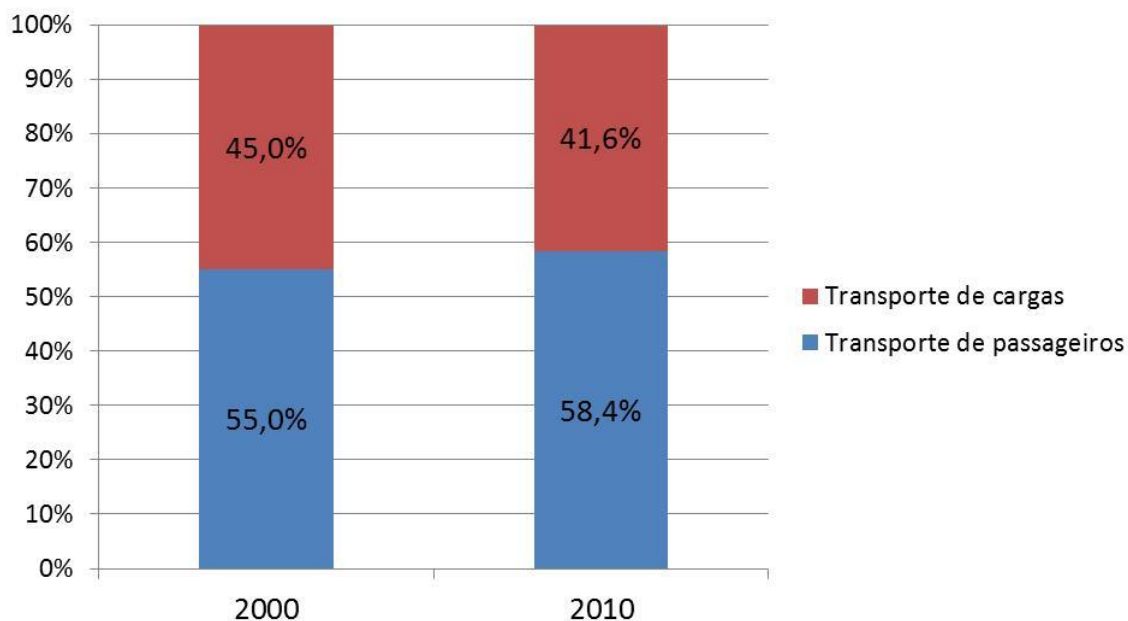


Figura 65 - Divisão do Consumo de Energia no Setor Transportes
Fonte: EPE (2012).

O transporte rodoviário de passageiros, por sua vez, pode ser desagregado entre transporte coletivo (ônibus) e transporte individual (automóvel e comercial leve – também chamados aqui de ‘veículos leves – e motocicletas).

Observa-se na Figura 66 o crescimento e a representatividade do transporte individual de passageiros, em detrimento do transporte coletivo (diesel – coletivo), que representou apenas 12% do consumo do transporte rodoviário de passageiros, em 2010.

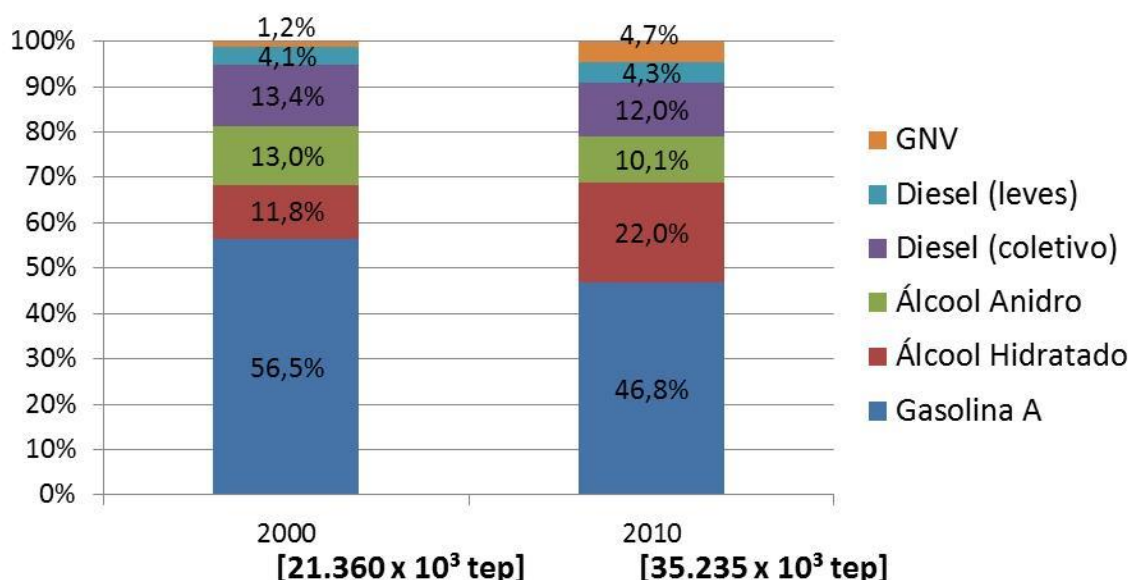


Figura 66 - Evolução da demanda de combustíveis por veículos leves
 Fonte: EPE (2012) e EPE (2013c).¹⁹

Como mencionado antes a análise sobre eficiência energética no setor é de difícil execução já que envolve diversos parâmetros e o monitoramento de suas evoluções, dentre os quais o consumo específico [km/l] por tipo de veículo. E cada tipo de veículo apresenta um nível diferente de eficiência. Destacando o modal rodoviário, a Tabela 18 apresenta a estimativa para a eficiência de motocicletas e veículos a diesel.

Tabela 18 - Eficiência de veículos automotores rodoviários

Tipo de veículo	Combustível	Eficiência [km/l]
Motocicletas gasolina	Gasolina C	40,0
Motocicletas flex fuel	Gasolina C	40,0
Motocicletas flex fuel	Etanol hidratado	25,0
Comerciais leves	Óleo diesel	9,1
Caminhões leves	Óleo diesel	7,6
Caminhões médios	Óleo diesel	5,6
Caminhões pesados	Óleo diesel	3,2
Ônibus urbano	Óleo diesel	2,3
Ônibus rodoviário	Óleo diesel	3,0

Fonte: MMA (2011).

Cabe ressaltar que os valores de eficiência média por veículo apresentados na tabela anterior são estimativas baseadas em testes realizados por fabricantes e institutos de

¹⁹ Assumindo que os combustíveis consumidos no transporte rodoviário foram utilizados integralmente no o transporte de passageiros, a exceção do diesel, cujo consumo foi desagregado entre coletivo (ônibus), leves (comerciais leves, por exemplo vans e pickups) e carga a partir de estimativas das NT SDB-Abast nº 1/2012.

pesquisa, em condições específicas que nem sempre retratam fielmente o cotidiano do trânsito nas cidades e o comportamento dos motoristas. A eficiência média da frota pode mudar não somente pela entrada de novos veículos na frota. A eficiência real é função da tecnologia do veículo, da potência (motorização), da forma de se dirigir, do estado de manutenção dos veículos, dos congestionamentos, se o meio é urbano ou estrada, entre outros aspectos.

Para os veículos leves, a Figura 67 apresenta um histórico estimado da eficiência dos veículos, diferenciando o tipo de veículo e o combustível utilizado.

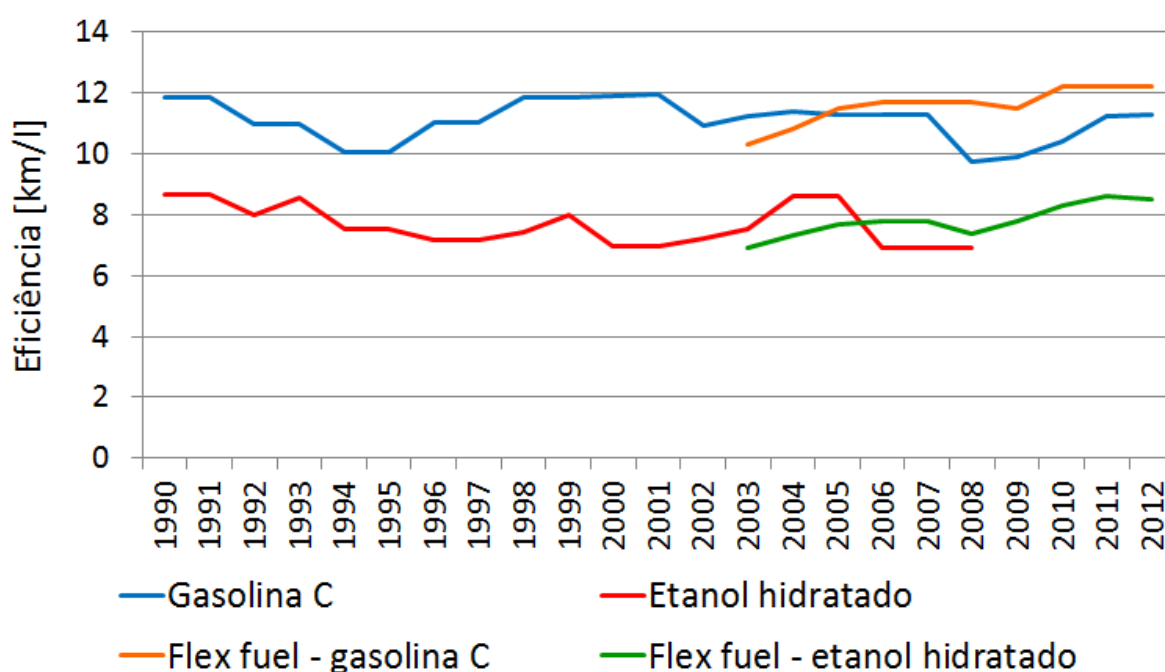


Figura 67 - Evolução da eficiência dos veículos leves
 Fonte: MMA (2014).

Observa-se um aumento da eficiência dos veículos *flex fuel* em 17% entre 2003 e 2009, de 10,3 km/l para 12 km/l, quando consumindo gasolina. Já os veículos a gasolina apresentaram redução de 15% na eficiência no mesmo período, chegando a 9,5 km/l em 2009.

Para fins de análise da eficiência média veicular, deve-se também levar em consideração a redução das vendas dos automóveis de 1000 cc a partir de 2001 e o aumento da participação, nas vendas, de veículos com maior motorização (Figura 68) e de comerciais leves (Figura 69), que tendem a consumir mais combustível por distância percorrida.

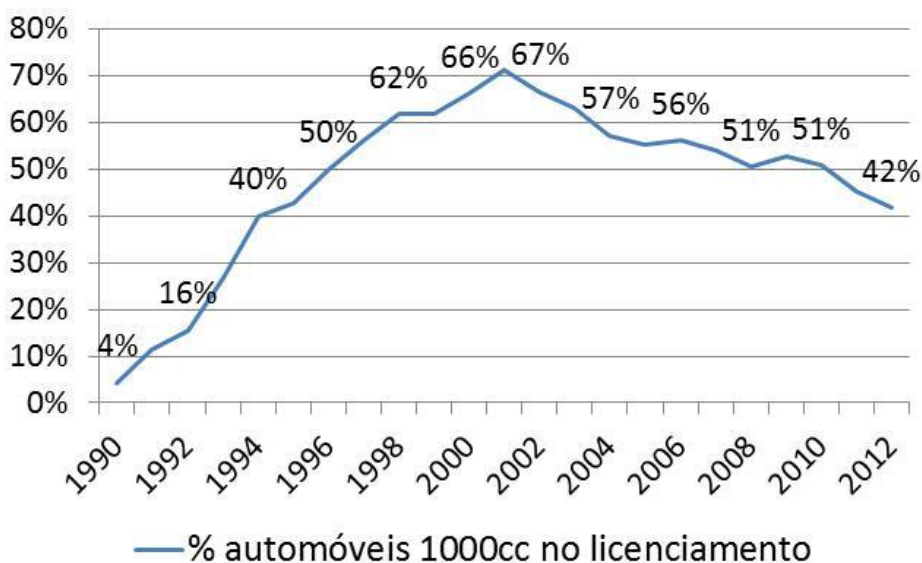


Figura 68 - Participação dos automóveis 1000cc no total licenciado
 Fonte: ANFAVEA (2013).

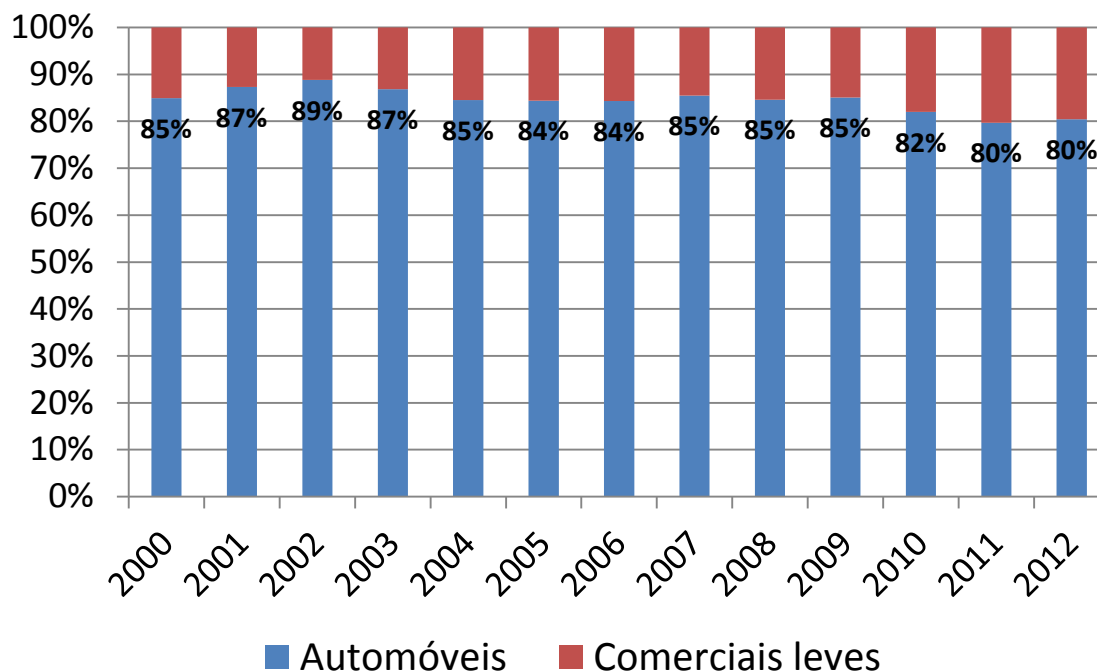


Figura 69 - Proporção de comerciais leves e automóveis na produção de veículos leves
 Fonte: ANFAVEA (2013).

Recentemente alguns programas e políticas específicas de eficiência energética vêm sendo introduzidos no setor, o que tem melhorado, mesmo que singelamente, a análise setorial. A partir do lançamento do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV), em novembro de 2008, a autonomia (km/l) de veículos ciclo Otto novos à venda no mercado nacional

passou a ser medido em laboratório, com ciclos de condução padrão urbano e rodoviário, e combustíveis de referência (gasolina, etanol e gás natural). O programa tem como objetivo principal permitir que o consumidor compare a eficiência energética de veículos de uma mesma categoria, auxiliando-o a tomar uma decisão mais consciente (INMETRO, 2014).

Na primeira edição, publicada em 2009, o PBE veicular contou com a adesão voluntária de cinco marcas e 54 modelos/versões de veículos. Em sua sexta edição, publicada em 2014, o referido programa aumentou consideravelmente sua abrangência com a adesão de 36 marcas e 496 modelos/versões (Figura 70).

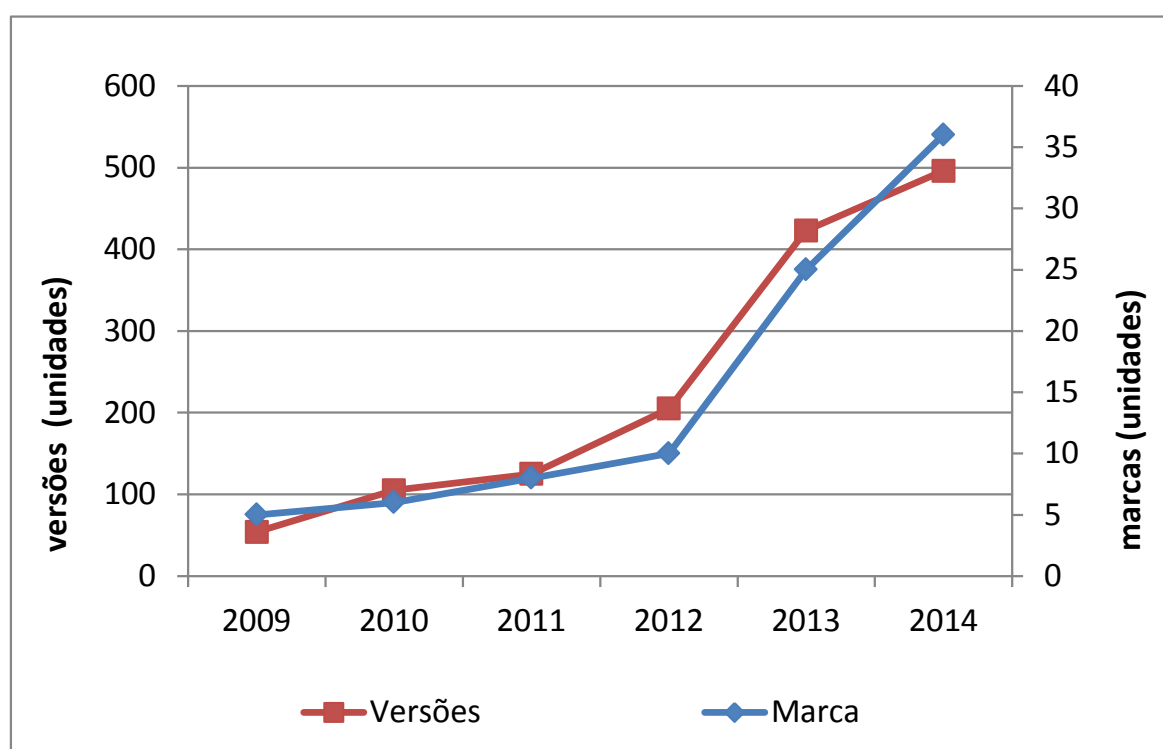


Figura 70 - Evolução da adesão dos veículos do PBEV entre 2009 e 2014

Fonte: INMETRO (2014).

Cabe destacar também que o expressivo aumento da adesão dos fabricantes nos últimos anos foi impulsionado pelo programa do Governo Federal criado em 2012, denominado Inovar-Auto, que cria incentivos fiscais para, entre outros aspectos, a melhoria da eficiência energética dos veículos. Para se beneficiar dos incentivos, os fabricantes precisam aderir ao PBEV e atender, em médio prazo, padrões de eficiência energética em toda sua linha de produtos (CETESB, 2012).

A evolução do PBE veicular possibilita o aprimoramento de análises do consumo específico médio dos veículos novos vendidos no Brasil. No entanto, dado o nível de detalhamento das estatísticas por ele produzidas, a análise do impacto que estes veículos, de fato,

apresentam no consumo específico médio da frota de veículos novos requer, idealmente, igual nível de detalhamento das vendas de veículos novos, o que nem sempre é possível. Por exemplo, dois veículos de mesma categoria, mesma marca e mesmo modelo, mas com versões diferentes, podem apresentar classificações distintas, dependendo da transmissão de velocidades, o uso ou não de ar condicionado, o tipo de direção assistida e o tipo de combustível utilizado (gasolina, etanol, *flex*).

Desta forma, o acompanhamento da evolução do consumo específico médio dentro de categorias ou nichos pode se mostrar mais pertinente. Estudo publicado pela CETESB, em 2012, apresenta a evolução da média do consumo energético (MJ/km) da tecnologia *flex fuel*, operando com gasolina e com etanol, ao longo do período de 2009 a 2012 (Figura 71). É importante ressaltar, que o aumento do consumo energético a partir de 2010 não reflete necessariamente uma perda global da eficiência, sendo também influenciado pela maior abrangência de modelos testados por marca.

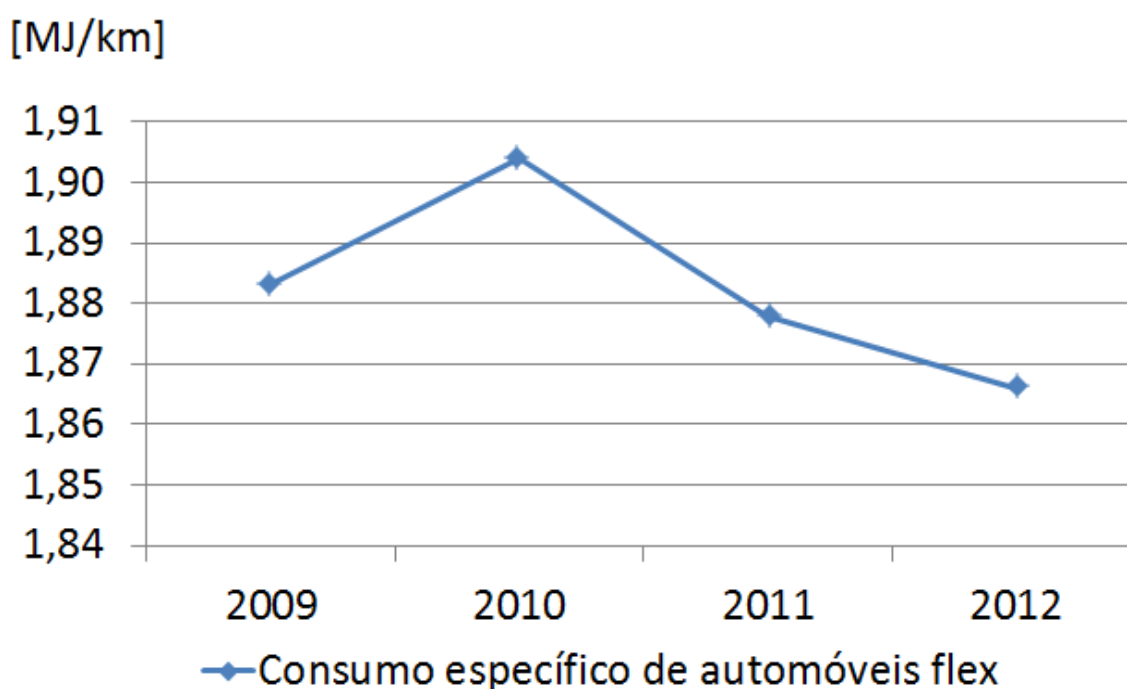


Figura 71 - Evolução da eficiência energética dos veículos do PBEV entre 2009 e 2012
Fonte: CETESB (2012).

A Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) informa a quantidade de carros vendidos a cada ano, reproduzida na Tabela 19. No período de 1990 a 1995 o crescimento foi significativo: 164%. Outro intervalo de destaque foi entre 2005 e 2012, quando as vendas anuais dobraram.

Tabela 19 - Vendas de Carros Novos

Vendas [10 ³ unidades]	1990	1995	2000	2005	2012	2012/1990
Carros novos	533	1.407	1.177	1.369	2.852	+7,9%/ano

Fonte: Anfavea .

Entre 2000 e 2012 a população brasileira aumentou 14,3%, de 175,1 milhões para 200,1 milhões de habitantes. Neste contexto, no período citado a frota automotiva cresceu mais do que a população. Assim, o indicador habitante/automóvel caiu, em média, 3,9% ao ano (vide Tabela 20).

Tabela 20 - Indicador habitante/automóvel

Indicador	2000	2003	2005	2008	2012	2012/2000
Habitantes/carro	11,6	10,8	10,4	9,1	7,2	-3,9%/ano

Fonte: Estimativa EPE.

Em 2000 havia cerca de 12 pessoas para cada carro no Brasil, quantidade reduzida para aproximadamente 7 pessoas/veículo após onze anos (decréscimo total de 38%). A Figura 72 compara a motorização no Brasil com outros países, ao longo do tempo, evidenciando o rápido aumento no número de veículos por habitantes no país.

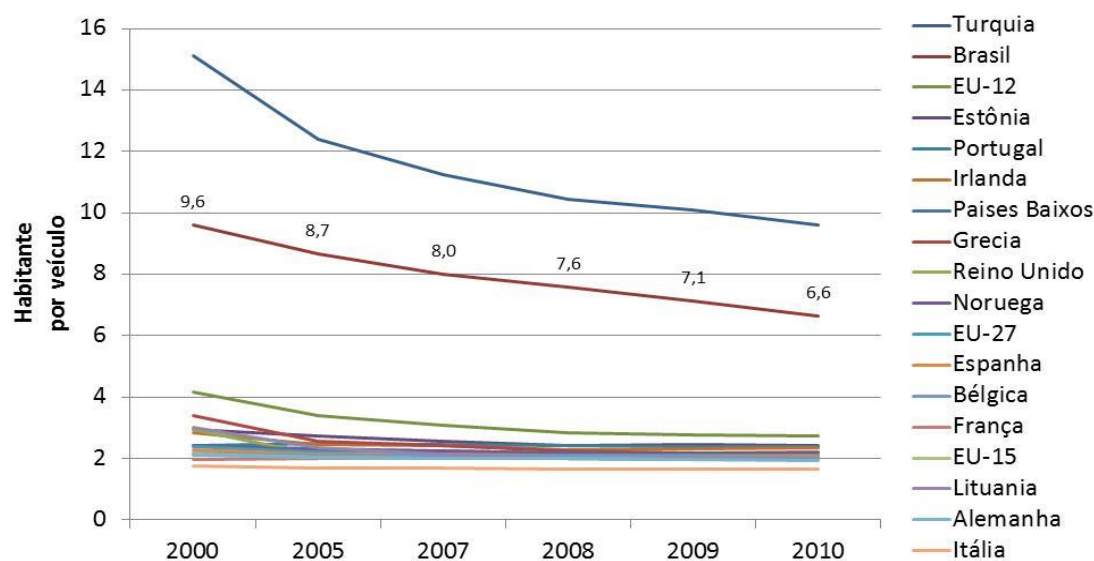


Figura 72 - Comparação internacional do número de habitantes por veículos leves²⁰
 Fonte: European Commission, "Eurostat", 2013; EPE, 2013²¹

Voltando à Figura 66 observa-se que os principais combustíveis utilizados no transporte rodoviário de passageiros foram a gasolina C (mistura de gasolina A com álcool anidro) e o álcool hidratado.

Cabe destacar que no Brasil, é obrigatória a adição de etanol anidro à gasolina, em percentual definido e variável, a partir da publicação de portarias do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento desde 2001. A estipulação deste percentual de mistura depende, por exemplo, da produção de cada safra de cana-de-açúcar. Além disso, ainda que dentro de uma faixa operativa relativamente restrita, as usinas sucroalcooleiras podem optar por produzir mais etanol ou mais açúcar com a mesma matéria prima, a cana de açúcar.

Portanto, o preço do açúcar no mercado internacional também pode influenciar na oferta de etanol no Brasil. A Figura 73 apresenta a evolução do teor de etanol na mistura, que variou de 20% (em 2012) a 31% (em 2002).

²⁰ Os valores de habitantes por veículo no Brasil é diferente da Tabela 20, pois esta considera o número de automóveis, enquanto a Figura 72 considera o número de veículos leves;

²¹ Valores referentes ao Brasil foram elaborados pela EPE.

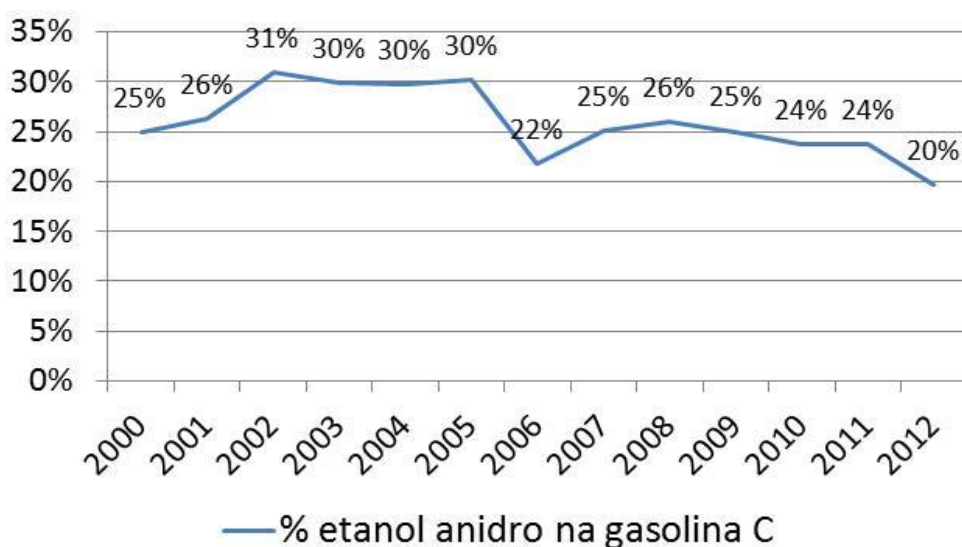


Figura 73 - Conteúdo de etanol anidro na gasolina C

Fonte: EPE (2013c).²²

É possível notar ao longo do tempo a substituição de parte da gasolina C por álcool hidratado, combustível cuja participação quase dobrou de 2000 a 2010, chegando a 22%. O aumento no uso de etanol hidratado é um reflexo da rápida penetração dos veículos bicompostíveis na frota automotiva brasileira. Nove anos após o lançamento do primeiro modelo, os automóveis *flex* já representavam mais da metade (54%) da frota automotiva rodante no Brasil (Tabela 21).

Tabela 21 - Frota Automotiva Brasileira²³

Frota	2000	2003	2005	2008	2012	2012/2000
Quantidade [milhões de unidades]	17,8	19,6	20,9	24,7	33,4	+5,4% /ano
% de veículos <i>flex</i>	0,0%	0,2%	5,7%	27,9%	54,2%	N.A.

Fonte: EPE (estimativa interna)²⁴.

A Tabela 22 detalha as vendas de carros *flex*. É possível perceber que os consumidores tiveram grande aceitação por esta tecnologia, uma vez que em 2005 a fatia dos carros *flex*

²² Valor calculado com a divisão do consumo de etanol anidro pela soma de etanol anidro e gasolina, em volume. O resultado pode divergir do percentual exigido em lei, uma vez que é a taxa observada no mercado brasileiro, e não a taxa legal.

²³ Inclui carros e veículos comerciais leves;

²⁴ Não existe atualmente no Brasil um consenso sobre a frota nacional de automóveis, devido à incerteza em relação ao sucateamento de veículos ao longo dos anos. A EPE estuda a questão e trabalha com uma curva típica de sucateamento veicular.

dentre os automóveis vendidos já era superior a 50%. Em 2012 o percentual foi de aproximadamente 95%.

Tabela 22 - Participação dos Carros Bicombustíveis nas Vendas de Carros

Vendas	2000	2003	2005	2008	2012
% carros flex	0,0%	3,5%	53,2%	94,2%	95,2%

Fonte: ANFAVEA (2013).

No passado recente, houve um aumento expressivo na demanda por gasolina automotiva. No triênio entre 2010 e 2012 o consumo deste energético subiu 18,1% ao ano, enquanto a frota de carros aumentou 6,9% ao ano. Contudo, a Tabela 23 aponta que o etanol anidro cresceu 4,6% ao ano, num ritmo quatro vezes menor que a gasolina (em parte devido à redução do percentual de anidro na gasolina C, de 25% para 20%, ocorrida em 2011).

Tabela 23 - Consumo de Combustíveis no Modal Rodoviário - 2010 a 2012

Modal Rodoviário no Brasil	2010	2011	2012	2012/2010
Frota automotiva [milhões de carros]	24,4	26,1	27,9	+6,9% a.a
Carros flex [milhões de carros]	10,9	13,4	15,9	+20,7% a.a
Consumo de gasolina A [mil m ³]	22,8	27,1	31,8	+18,1% a.a
Consumo de etanol anidro [mil m ³]	7,1	8,4	7,8	+4,6% a.a
Consumo de etanol hidratado [mil m ³]	16,2	12,2	11,3	-16,4% a.a

Fonte: EPE (estimativa interna)²⁵.

O etanol hidratado, em movimento contrário, despencou 16,4% ao ano. Isto foi possível em razão da alta participação de veículos flex na frota brasileira (57% do total em 2012), que permitiu aos motoristas uma alternativa quando o preço do etanol hidratado subiu nos postos no ano de 2011 (alta de 33,5%, ante +17,3% no preço da gasolina).

Cabe destacar que, desde 2005, o Brasil estabelece um percentual mínimo de adição de biodiesel na composição do óleo diesel comercializado²⁶. A variação deste percentual, em volume, pode ser visto na Figura 74.

²⁵ Não existe atualmente no Brasil um consenso sobre a frota nacional de automóveis, devido à incerteza em relação ao sucateamento de veículos ao longo dos anos. A EPE estuda a questão e trabalha com uma curva típica de sucateamento veicular;

²⁶ Com exceção do diesel marítimo.

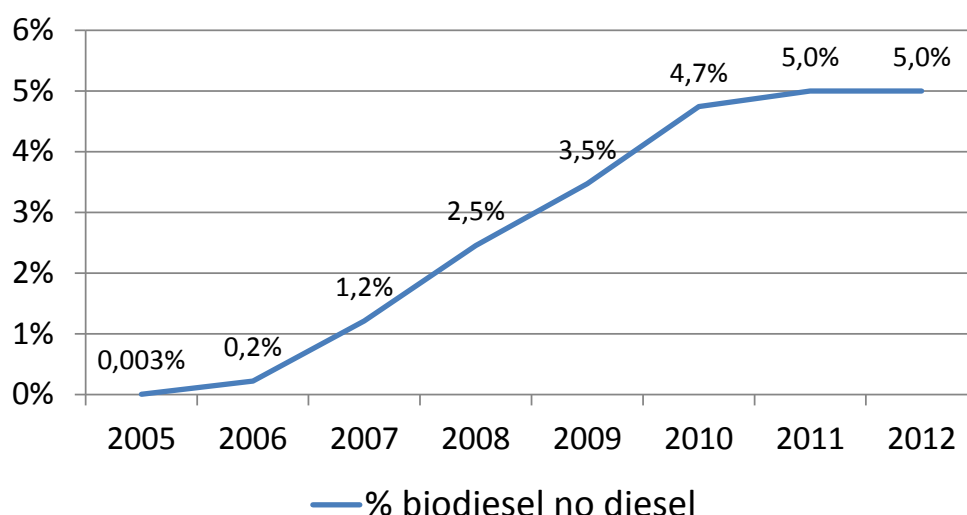


Figura 74 - Conteúdo de biodiesel no óleo diesel

Fonte: EPE (2013c).²⁷

Em resumo, nas últimas duas décadas verificou-se uma significativa expansão do transporte de carga e passageiros, refletindo tanto a expansão do transporte de cargas da indústria quanto da agropecuária mas, sobretudo, reflete fortíssimo crescimento do transporte de passageiros (rodoviário sobretudo, mas também aéreo).

Se por um lado este movimento de elevação do consumo de energia do setor reflete prosperidade econômica, de outro é sinal de alerta para aperfeiçoamento do monitoramento deste setor, bem como do fomento de novas políticas de eficiência energética.

Alguns programas e iniciativas vêm sendo feitos em algumas regiões pelos governos Federal e estaduais como, por exemplo, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), concessões de rodovias, ferrovias, portos, aeroportos, corredores expressos de ônibus no Rio de Janeiro.

²⁷ Valor calculado com a divisão do consumo de biodiesel rodoviário pelo diesel total rodoviário, em volume. O resultado pode divergir do percentual exigido em lei, pois é a taxa observada, e não a taxa teórica.

10. CONCLUSÃO

Este documento, cujo objetivo era apresentar e analisar os resultados de um banco de indicadores de eficiência energética no Brasil, pretende, com o que foi apresentado, contribuir para o debate sobre o tema e sobre as escolhas estratégicas que impactam o futuro da produção e uso de energia no país.

É fato que a intensidade energética nas últimas décadas cresceu e que o consumo de energia vem crescendo de maneira significativa nesse período, mas isto veio seguido de importante crescimento econômico e de bem-estar das famílias.

Além disto, verificou-se importante contribuição da eficiência energética nos setores industrial, residencial e agropecuário, fruto de mecanismos/políticas e programas de eficiência energética. No setor transportes se observou movimento recente de fomento à eficiência energética através de novos programas e políticas.

Por fim, a EPE recomenda a realização de pesquisas primárias em alguns setores econômicos como, por exemplo, serviços e agricultura, a fim de se obter mais informações destes segmentos.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAVA - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. “Revista Abrava nº 16 - edição de maio de 2013”. Disponível em <http://www.abrava.com.br/>, acessado em 05/11/2013: ABRAVA, 2013.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Apresentação realizada no 10º Congresso Brasileiro de Eficiência Energética (COBEE) por Máximo Pompermayer. Rio de Janeiro, 2013.

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. “Anuário da Indústria Automobilística Brasileira”. São Paulo: ANFAVEA, 2013.

BRASIL. “Decreto Presidencial de 18 de julho de 1991 - Institui o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural - CONPET e dá outras providências.”, 1991.

BRASIL. “Lei nº 10.847 - Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética - EPE e dá outras providências.”, 2004.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº1.877 - MME & MIC”, 1985.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº553 - MME, MCT & MDIC”, 2005.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº132 - MME, MCT & MDIC”, 2006.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº362 - MME, MCT & MDIC”, 2007a.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº363 - MME, MCT & MDIC”, 2007b.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº364 - MME, MCT & MDIC”, 2007c.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº298 - MME, MCT & MDIC”, 2008.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº238 - MME, MCT & MDIC”, 2009.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº959 - MME, MCT & MDIC”, 2010a.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº1007 - MME, MCT & MDIC”, 2010b.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº1008 - MME, MCT & MDIC”, 2010c.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº323 - MME, MCT & MDIC”, 2011a.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº324 - MME, MCT & MDIC”, 2011b.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº325 - MME, MCT & MDIC”, 2011c.

BRASIL. “Portaria Interministerial nº326 - MME, MCT & MDIC”, 2011d.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. “Emissões Veiculares no Estado de São Paulo”. São Paulo: CETESB, 2012.

EC - European Commission. Consulta ao banco de dados do sítio da Eurostat: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/transport/data/database>, acessado em 20/02/2014: Eurostat, 2013.

ELETRONBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras. “Pesquisa de Posse e Hábitos do Consumo de Energia (PPH)”. Rio de Janeiro, ELETRONBRAS, 2006.

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

- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. “Consolidação de bases de dados do setor transporte: 1970-2010”. Nota técnica SDB-Abast nº 1/2012. Rio de Janeiro: EPE, 2012.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. “Apresentações Setoriais Referentes ao Banco de Indicadores de Eficiência Energética”. Rio de Janeiro: EPE, 2013a.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. “Banco de Indicadores de Eficiência Energética”. Rio de Janeiro: EPE, 2013b.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. “Balanço Energético Nacional 2013 - ano base 2012”. Rio de Janeiro: EPE, 2013c.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. “Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA”. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/>, acessado em 04/10/2013: IBGE, 2013.
- IEA - Agência Internacional de Energia. “Energy Efficiency Market Report”. Paris: IEA, 2013.
- IEA - Agência Internacional de Energia. “Key World Energy Statistics”. Paris: IEA, 2013.
- INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. “Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE”. Disponível no sítio do INMETRO em http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/veiculos_leves_2014.pdf, acessado em 14/03/2014: INMETRO, 2014
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. “1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários”. Brasília: MMA, 2011.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. “2º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários”. Brasília: MMA, 2014.
- MME - Ministério de Minas e Energia. “Plano Nacional de Energia 2030”. Brasília: MME, 2007.

ODYSSEE-MURE. “Energy Efficiency Policies in the European Union”. Londres: ENERDATA, 2013.

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. “Relatório de Resultados do Procel 2013 - ano base 2012”. Rio de Janeiro: Procel, 2013. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7B8C4A271C-8CC7-48B8-BDCE-16947CB6DEC4%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>