

# Atlas da Eficiência Energética Brasil | 2021

Relatório de Indicadores



iea



MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA





MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA



**Ministro de Estado**

Bento Albuquerque

**Secretária Executiva**

Marisete Fátima Dadald Pereira

**Secretário de Planejamento e  
Desenvolvimento Energético**

Paulo Cesar Magalhães Domingues



**Colaboradores**

**Coordenação Técnica**

Felipe Klein Soares  
Rogério Antônio da Silva Matos

**Superintendentes**

Angela Oliveira da Costa  
Carla da Costa Lopes Achão

**Superintendentes Adjuntos**

Gustavo Naciff de Andrade  
Marcelo Castello Branco Cavalcanti

**Consultores Técnicos**

Arnaldo dos Santos Junior  
Glaucio Vinícius Ramalho Faria  
Patrícia Feitosa Bonfim Stelling  
Rachel Martins Henriques  
Rafael Barros Araújo

**Presidente**

Thiago Vansconcellos Barral Ferreira

**Diretor de Estudos Econômicos e Energéticos**

Giovani Vitória Machado

**Diretor de Estudos de Energia Elétrica**

Erik Eduardo Rego

**Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis**

Heloisa Borges Bastos Esteves

**Diretora de Gestão Corporativa**

Angela Regina Livino de Carvalho

**Equipe Técnica**

Aline Moreira Gomes  
Allex Yujhi Gomes Yukizaki  
Ana Cristina Braga Maia  
Bruno Rodamilans Lowe Stukart  
Felipe Klein Soares  
Fernanda Marques Pereira Andreza  
Flávio Raposo de Almeida  
Lidiane de Almeida Modesto  
Patrícia Messer Rosenblum  
Rogério Antônio da Silva Matos  
Thiago Toneli Chagas

## Este relatório possui um capítulo especial...

que fornece uma análise da evolução do setor do transporte rodoviário de cargas no Brasil, incluindo os fundamentos associados ao aumento da demanda. Na sequência, uma seção global compara o Brasil com outros países a partir de indicadores-chave, e oferece exemplos de tecnologias líderes e opções de políticas destinadas ao setor para o avanço da eficiência energética, mitigação de carbono e melhorias na qualidade do ar.



**A equipe da IEA que contribuiu para a execução deste relatório foi:**

### **Coordenação Técnica**

Jack Miller, Edith Bayer

### **Equipe Técnica**

Alison Pridmore

Luiz Gustavo de Oliveira (consultor da IEA no Brasil)

Tess Sokol-Sachs

## Sumário

Objetivo.....	05
Definições.....	07
Introdução.....	14
Edificações.....	22
Setor Residencial.....	25
Setor de Serviços.....	34
Setor Industrial.....	40
Setor de Transportes.....	47
Capítulo especial sobre o Transporte rodoviário de Cargas e a comparação do caso brasileiro com países selecionados.....	58
Referências Bibliográficas.....	79

---

# Objetivo

---

## Objetivo

Este documento tem por objetivo principal o monitoramento do progresso da eficiência energética no Brasil, através de uma análise de indicadores. Em 2020 foi publicado o primeiro “Atlas da Eficiência Energética no Brasil – Relatório de Indicadores” – com a análise até o ano 2018. Este documento atualiza e complementa, de forma mais sintética, o primeiro relatório com dados até o ano 2020. O presente documento consolida o quinto ciclo de trabalho da EPE na elaboração do banco de dados de indicadores de eficiência energética.

---

# Definições

---

## ODEX

O ODEX é um indicador que apura o progresso da eficiência energética. Pode ser agregado por setor (industrial, residencial, serviços e transportes) ou para a economia como um todo. O ODEX é utilizado pela união europeia, no programa ODYSSEE *database* para monitoramento dos ganhos de eficiência.

O ODEX por setor (por exemplo: indústria) é baseado nos índices de consumo unitário por subsetor (cimento, cerâmica, têxtil, etc...), ponderado pela participação no consumo total de energia do setor. O consumo unitário por subsetor pode ser expresso em diferentes unidades com objetivo de fornecer a melhor “*proxy*” de avaliação da eficiência energética, seja o consumo por domicílio, por produção física, número de veículos, por exemplo.

Para o presente relatório considerou-se 2005 como ano base (valor = 100), em função essencialmente da disponibilidade de dados para a maior parcela dos setores a partir desse ano. O decréscimo no índice de consumo unitário do valor 100 em 2005 para 80 em 2020, por exemplo, representa um ganho de eficiência energética de 20% ao longo do período analisado. Em contrapartida, caso o ODEX aumente de 100 para 120, terá havido uma piora na eficiência energética ao longo dos anos em questão.

No caso do ODEX global, o mesmo método é aplicado com fatores ponderados, baseados nas participações do consumo total de energia final de cada setor.

Para fins dessa nota técnica, foram considerados os setores industrial, residencial e de transportes. Os demais setores (energético, serviços e agropecuária) não foram incluídos em função da indisponibilidade de dados.

## Intensidade Energética

A intensidade energética se refere ao montante de energia necessário para produzir uma unidade de produto final ou de serviço. É a razão entre um indicador de energia (tonelada equivalente de petróleo [tep], Joule, calorias, Btu, entre outras) e um indicador de atividade (U\$, R\$, m<sup>2</sup>, tonelada-quilômetro, passageiro-quilômetro, entre outros).

### Exemplos fictícios:

- Intensidade energética industrial: 100 tep/U\$ ppp 2010
- Intensidade energética de edificação residencial: 0,5 tep/m<sup>2</sup>
- Intensidade energética de edificação comercial: 200 KJ/m<sup>2</sup>
- Intensidade energética no setor de transportes: 1.000 tep/tkm

A intensidade energética de uma economia corresponde à razão entre a Oferta Interna de Energia dividida pelo Produto Interno Bruto do país. Este indicador normalmente é usado para medir a eficiência energética de um país. No entanto, é importante considerar que a esta razão não expressa necessariamente eficiência energética, pois um país pode ter uma intensidade energética baixa e ser ineficiente do ponto de vista energético. Basta considerarmos o caso de um pequeno país que tem sua economia baseada no setor de serviços, que possivelmente terá uma intensidade energética menor que outra grande nação cuja economia é baseada na produção industrial. Entretanto, o segundo país pode usar a energia para suas indústrias de forma mais eficiente que o primeiro a usa para desenvolver a sua economia baseada em comércio e serviços.

Desta forma, a intensidade energética não deve ser analisada isoladamente. Os ganhos de eficiência são apenas um componente desta análise, que também deve levar em consideração a **estrutura** (efeito estrutura) da economia de um país (presença de indústrias energointensivas, setor de serviços desenvolvido, etc.) e as mudanças na **atividade** (efeito atividade), que são influenciadas pelo tamanho do país (que implicam em maior demanda do setor de transportes, por exemplo).

Neste relatório, o indicador será calculado de duas formas: sob a ótica da oferta interna de energia (OIE), identificada como Intensidade Primária (i) e sob a base do consumo final energético, denotada como Intensidade Final (ii). As fórmulas de cálculo de cada indicador seguem abaixo:

- I. Oferta Interna de Energia (mil tep)/PIB (M\$[2010])
- II. Consumo Final Energético (mil tep)/PIB (M\$[2010])

## Consumo Final

É toda a energia que chega aos setores consumidores para fins energéticos e não energéticos (matéria-prima, por exemplo). Não estão incluídos neste conceito as fontes utilizadas como insumo ou matéria-prima para a produção de outros produtos energéticos. Estas atividades são classificadas, segundo o Balanço Energético Nacional, como Centros de Transformação (exemplos: água utilizada para geração de eletricidade ou petróleo que será transformado em derivados).

De forma geral, os setores de consumo final neste relatório foram classificados de acordo com a mesma divisão do Balanço Energético Nacional, com exceção de alguns setores energointensivos, para melhor representação do progresso da eficiência energética no Brasil.

### O consumo final pode ser calculado através das seguintes parcelas:

- **Consumo final** = consumo final primário (+) consumo final secundário, ou;
- **Consumo final** = consumo final não-energético (+) consumo final energético

### Onde:

- **Consumo final primário** é o consumo de energia primária, ou seja, consumo de fontes provenientes diretamente da natureza. Exemplos: gás natural, carvão mineral, energia solar, eólica, hidráulica e os produtos da cana-de-açúcar, entre outros.
- **Consumo final secundário** é o consumo de energia secundária, ou seja, consumo de fontes oriundas dos diferentes centros de transformação, que têm como destino os diversos setores de consumo da economia. Exemplos: eletricidade, gasolina, óleo diesel, etanol, entre outros.
- **Consumo final não-energético** corresponde ao consumo de fontes que, embora possuam conteúdo energético, são utilizados como matérias-primas para outros fins. Exemplo: uso de nafta para a fabricação de termoplásticos.
- **Consumo final energético** corresponde à utilização de fontes pelos setores da economia como energia.

## INOVA-E

A plataforma digital INOVA-E foi projetada para tornar dados de investimentos brasileiros em Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração (PD&D) em energia acessíveis aos mais diversos públicos. Esta plataforma tem como objetivo aprofundar a compreensão das tendências de investimento em PD&D em energia e apoiar a EPE, o MME e o MCTI, bem como outras organizações do governo brasileiro, do setor privado e da sociedade civil, na formulação e promoção de políticas públicas, pesquisas e novos investimentos na área de inovação em energia. As informações estratégicas disponibilizadas na INOVA-E foram organizadas em uma única base de dados fornecendo um panorama inédito dos esforços em inovação no setor energético no Brasil.

**Investimento público em PD&D** - Os investimentos públicos de PD&D são calculados a partir dos dispêndios em projetos de PD&D reembolsáveis e não-reembolsáveis realizados por meio de instituições públicas de fomento à inovação no Brasil. Nas estatísticas apresentadas nesta plataforma fazem parte do escopo dos investimentos públicos em PD&D os seguintes órgãos federais: BNDES, CNEN, CNPq, FINEP; e também do estado de São Paulo: FAPESP.

**Investimento publicamente orientado em PD&D** - Os investimentos publicamente orientados se referem ao investimento privado induzido por políticas públicas, sendo compulsório para as empresas do setor de energia. São recursos que se enquadram dentro de programas públicos cuja finalidade é induzir as empresas a efetuarem investimentos em PD&D. Nas estatísticas apresentadas nesta plataforma fazem parte do escopo os projetos de P&D regulados pelas agências ANEEL e ANP.

Para acessar os dados e saber mais detalhes sobre o sistema, visite:

<http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com/inova-e/index.html>



# Setor de Transportes

## Atividade

A atividade no setor de transporte é, internacionalmente, representada pelos indicadores passageiro-quilômetro transportados e tonelada-quilômetro transportados. Passageiro-quilômetro é uma unidade que apresenta o trabalho relativo ao deslocamento de um passageiro à distância de um quilômetro. Da mesma forma, tonelada-quilômetro é a unidade que representa o trabalho relativo ao deslocamento de uma tonelada de carga à distância de um quilômetro. Também chamado de momento de transporte.

## Intensidade de uso

Razão entre a atividade de transporte e distância percorrida. É expressa em tonelada-quilômetro/quilômetro ou Passageiro-quilômetro/quilômetro.

## Rendimento energético

Razão da distância percorrida por passageiros ou carga e o consumo de combustível em volume e expressa medida de autonomia. Usualmente em quilômetros/Litro. Em inglês é denominado *Fuel Economy*.

## Consumo de combustível

Representa o volume de combustível gasto para percorrer uma dada distância, em geral 100 km. É expressa Litro/100km. Em inglês é denominado *Fuel consumption*.

## Eficiência Energética

Razão entre a estimativa de atividade (t.km ou p.km) e a demanda total de energia (em unidades com Joule [J], Watt [W] ou tonelada equivalente de petróleo [tep]).

# Setor de Transportes

## Veículos Leves (por porte)

### Automóvel

Veículo automotor destinado ao transporte de passageiros, com capacidade para até oito pessoas, exclusive o condutor;

### Comerciais Leves

- **caminhonete** – veículo destinado ao transporte de carga com peso bruto total de até 3.500 kg;
- **caminhoneta** – veículo misto destinado ao transporte de passageiros;
- **utilitário** – veículo misto caracterizado pela versatilidade do seu uso, inclusive fora de estrada.

## Veículos Pesados

### Caminhões

- **Semileves** – 3,5 t. < PBT < 6 t.
- **Leves** – 6 t. ≤ PBT < 10 t.
- **Médios** – 10 t. ≤ PBT < 15 t.
- **Semipesados** – PBT ≥ 15 t. e CMT ≤ 45t.
- **Pesados** – PBT ≥ 15 t. e CMT > 45 t.

---

# Introdução

---

## Participação de renováveis na matriz

Historicamente, o Brasil se destaca por ser um país com um alto percentual de fontes renováveis de energia em sua oferta interna quando comparado ao resto do mundo. Nos últimos 20 anos, a participação das renováveis na matriz energética brasileira, manteve-se estável com valores superiores a 40%, o que já é um grande desafio para o País. Mais recentemente, entre 2011 e 2014, houve uma redução da participação das renováveis na matriz energética devido à queda da oferta hidráulica, associada à menor quantidade de chuvas. A partir de 2015, as fontes renováveis retomam uma trajetória de crescimento com a expansão da oferta de derivados da cana, eólica e biodiesel, atingindo 48% em 2020.

Figura 1 – Comparação internacional da participação das fontes renováveis na Oferta Interna de Energia (OIE)

Fonte: EPE (2021a)

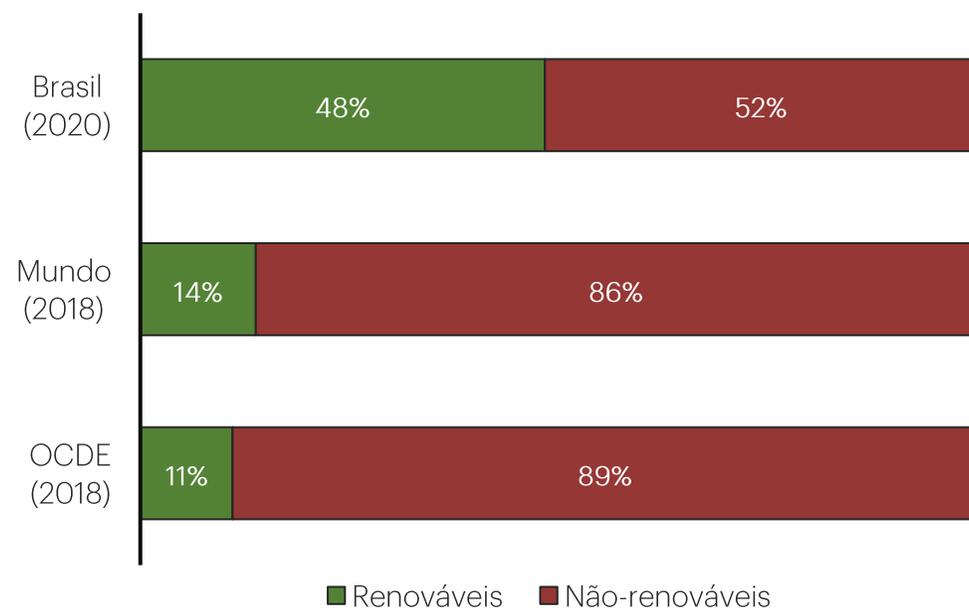
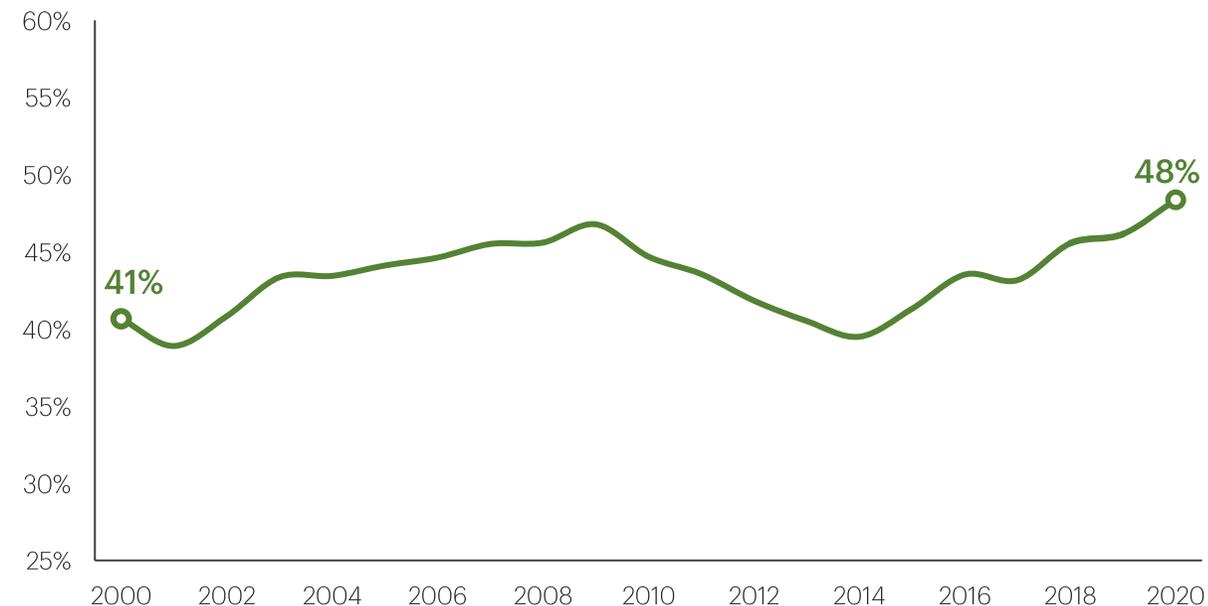


Figura 2 – Evolução da participação das fontes renováveis na Oferta Interna de Energia (OIE)

Fonte: EPE (2021b)

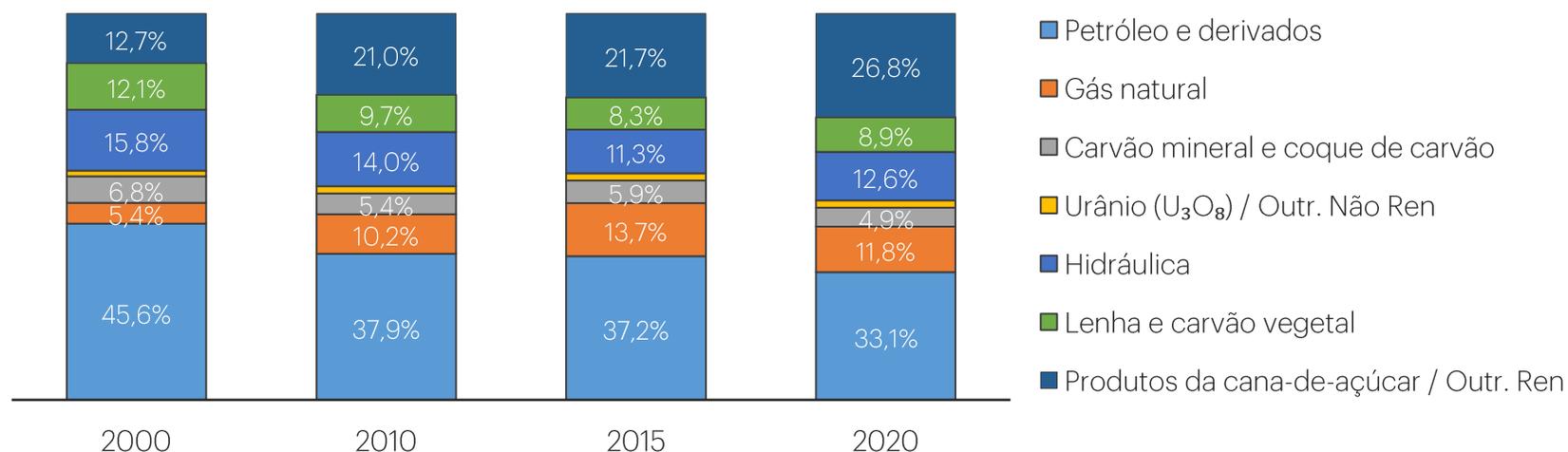


## Evolução do consumo energético por fonte

Pelo lado das fontes não renováveis, o petróleo e seus derivados seguem como a maiores fontes. No entanto, o gás natural foi o grande destaque, tendo a sua participação evoluída de 5,4% em 2000 para 11,8% em 2020 devido à sua utilização em termelétricas de base, extensão da malha dutoviária, que possibilitou o seu uso tanto nas indústrias como nas edificações residenciais, comerciais e públicas.

Figura 3 – Consumo energético por fonte em anos seleccionados

Fonte: EPE (2021b)



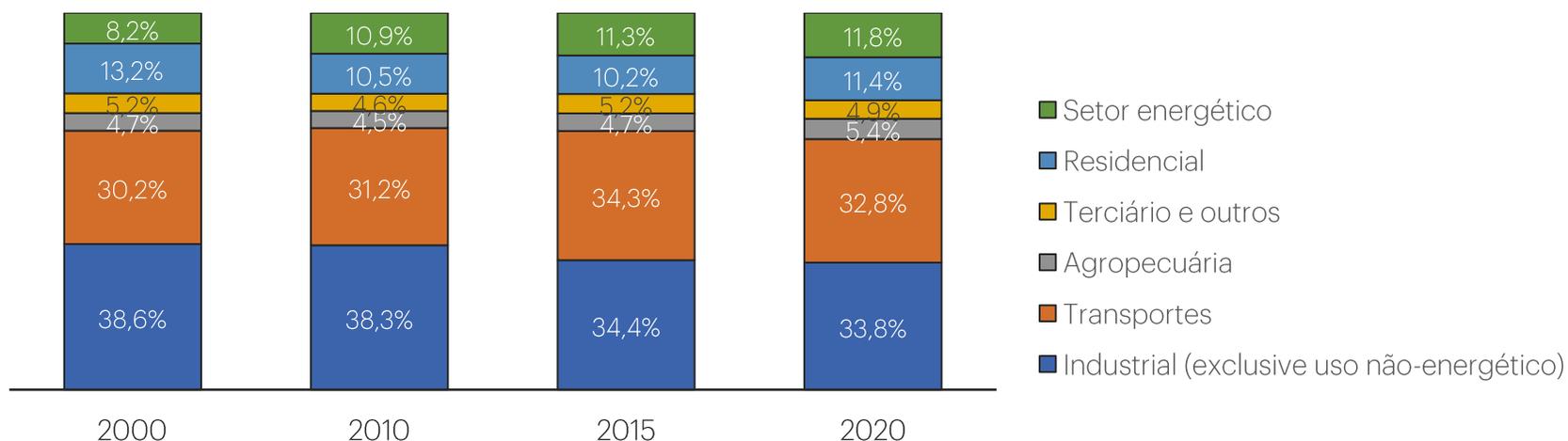
As fontes renováveis cresceram em ritmo mais acelerado devido à expansão do setor sucroalcooleiro e a forte penetração de outras renováveis, como as fontes eólica, lixívia e biodiesel. Com uma participação inexpressiva em 2000, a energia eólica, em 2020, agregou 4,9 milhões de tep. à matriz. Já a lixívia, diretamente associada à indústria de celulose, contribuiu com outros 9,6 milhões de tep. também em 2020. O biodiesel tem sido favorecido pela política de adição deste combustível no diesel fóssil. Em 2020, o percentual atingiu 12%. A matéria-prima mais usada para sua fabricação no País é o óleo de soja. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de biodiesel, atrás dos Estados Unidos.

## Evolução do consumo energético por setor

O principal movimento observado neste período foi o recuo da participação da indústria em contraposição ao avanço dos setores de transporte e energético. O setor de transportes chegou a ultrapassar o consumo industrial em 2018 e 2019. Entretanto, com a eclosão da pandemia do Covid-19, o consumo para transportes recuou -6,4% e fez este setor retornar à segunda posição entre os que mais usam energia no Brasil.

Figura 4 – Consumo energético por setor em anos selecionados

Fonte: EPE (2021b)



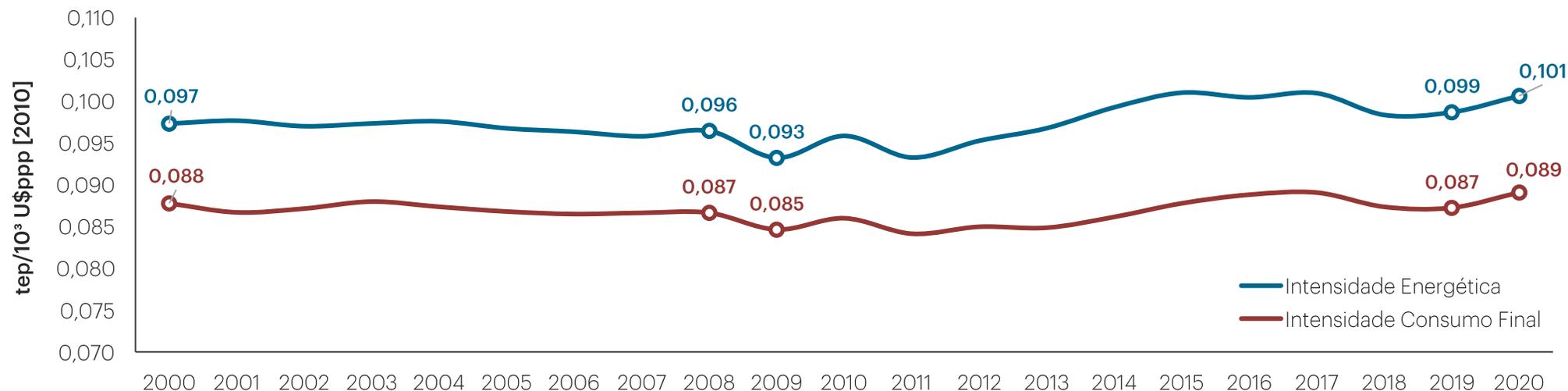
O agregado cimento/aço que consome mais de 20% de toda a energia destinada à indústria cresceu em ritmo menos intenso que o setor de transportes, que no mesmo período teve o seu consumo energético evoluindo a uma taxa média anual de 2,6%. A indústria do cimento, além da redução gradativa da relação clínquer/cimento de 73,2% em 2000 para 69,4% em 2020, teve a produção de clínquer (intensivo em consumo de energia) crescendo a uma taxa média anual de 1,9%. A siderurgia por sua vez expandiu sua produção física à uma taxa média anual de 0,6%. O setor energético, impulsionado pela produção de petróleo e etanol, que no período cresceram a taxas anuais de 4,4% e 5,7%, teve seu consumo energético, em 2020, acrescido de 15,6 milhões de tep em relação ao ano 2000.

## Intensidade Energética

No período 2000 a 2008 a intensidade energética primária se manteve estável em torno de 0,097 tep/10<sup>3</sup>U\$ppp[2010], e a intensidade final, da mesma forma estabilizou-se em valores próximos de 0,087 tep/10<sup>3</sup>U\$ppp[2010]. Em 2009, os efeitos da crise internacional sobre a indústria contribuíram para a redução da intensidade energética primária para 0,093 tep/10<sup>3</sup>U\$ppp[2010]. Unidades mais ineficientes e com maiores intensidades foram desativadas.

Figura 5 – Evolução da intensidade energética no Brasil

Fonte: EPE (2021b)



Entre os anos 2010 e 2013, as intensidades primária e final evoluíram às taxas de 0,9% e 0,1% ao ano, respectivamente, refletindo o crescimento da OIE acima do crescimento do PIB. Entre 2014 e 2020, a intensidade energética primária cresceu ao ritmo de 0,6% ao ano, mesmo com a economia em recessão (queda média do PIB de -0,9% ao ano). Já a intensidade final, neste mesmo período, apresentou um avanço de 0,7% ao ano. A tendência de crescimento das intensidades energéticas pode estar associada ao crescimento da produção de energointensivos de baixo valor agregado na pauta produtiva, em relação aos demais produtos manufaturados.

## O Brasil tem investido em Eficiência Energética

Setores competitivos como a indústria dependem da eficiência energética no dia a dia dos seus processos produtivos, pois sem ela muitos negócios podem ser inviabilizados. Mudanças tecnológicas estão entre as principais fontes de criação de riqueza e crescimento econômico de longo prazo.

De acordo com a plataforma INOVA-E<sup>1</sup>, entre 2013 e 2018, o Brasil investiu mais de 1 bilhão de reais em pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D) em projetos de eficiência energética oriundos de investimentos públicos ou publicamente orientados<sup>2</sup>. Desse montante, quase metade foi oriunda do BNDES, enquanto a ANEEL e a Finep corresponderam a 23% e 27%, respectivamente.

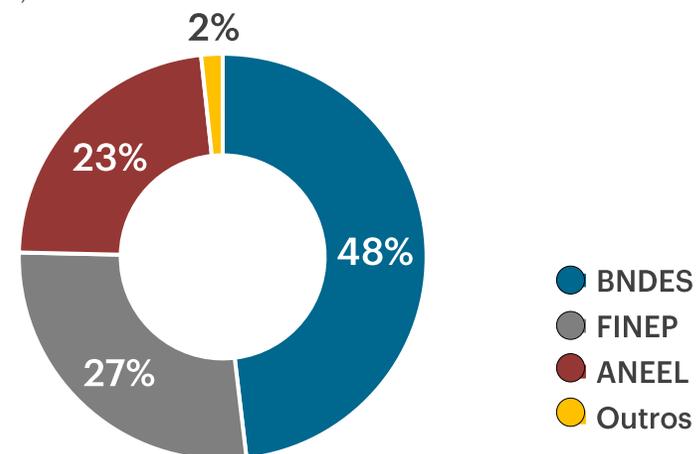
Figura 6 – Evolução dos investimentos de PD&D em Eficiência Energética

Fonte: EPE (2021c)



Figura 7 – Origem dos recursos (%) de PD&D em Eficiência Energética

Fonte: EPE (2021c)



Dados da inova-e mostram que entre 2013 e 2018 foram aplicados 1 bilhão de recursos públicos e publicamente orientados em projetos de P&D no Brasil, uma média anual de mais de 180 milhões de reais ao longo de seis anos de série histórica.

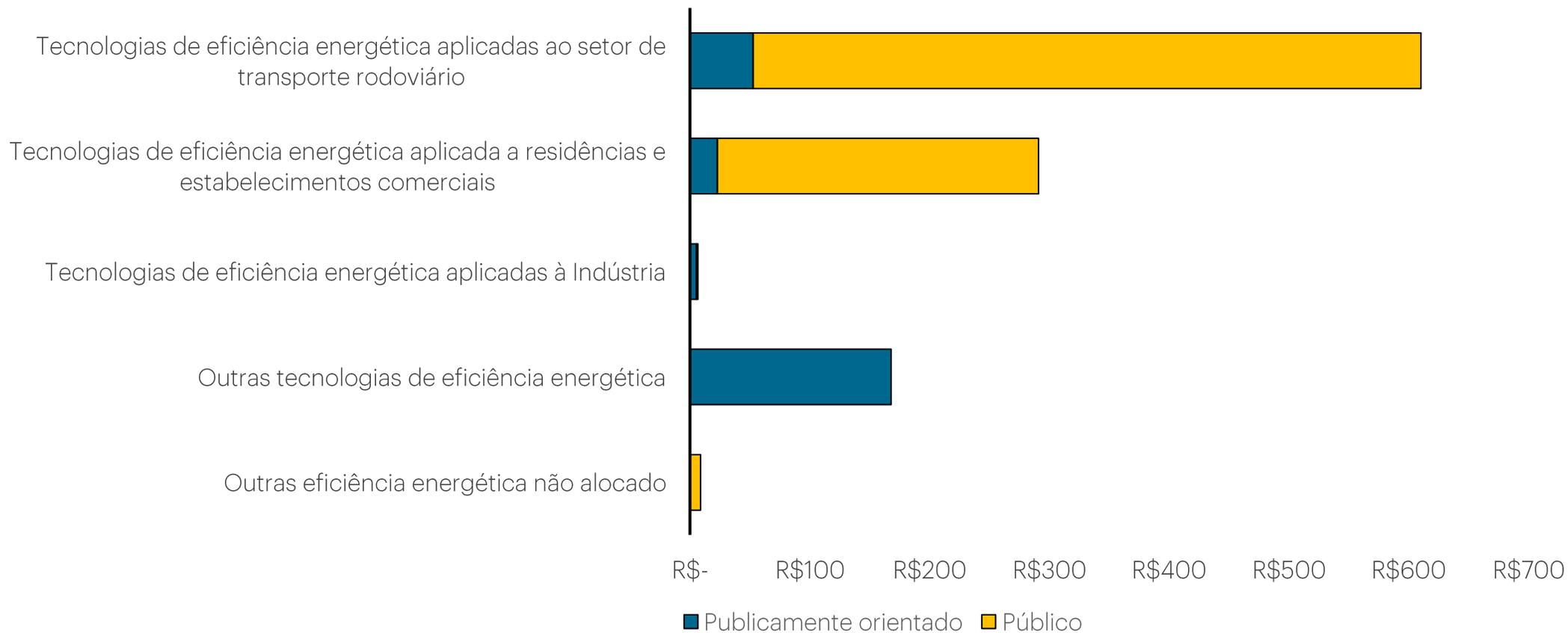
<sup>[1]</sup> Para saber o que é o INOVA-E, acesse o capítulo [Definições](#)

<sup>[2]</sup> Para o esclarecimento do significado das expressões “investimentos públicos” ou “publicamente orientados”, acesse o capítulo [Definições](#)

## Investimentos de PD&D em Eficiência Energética

Figura 8 – Natureza e modalidade dos investimentos, em milhões de reais - 2013 a 2018

Fonte: EPE (2021c)

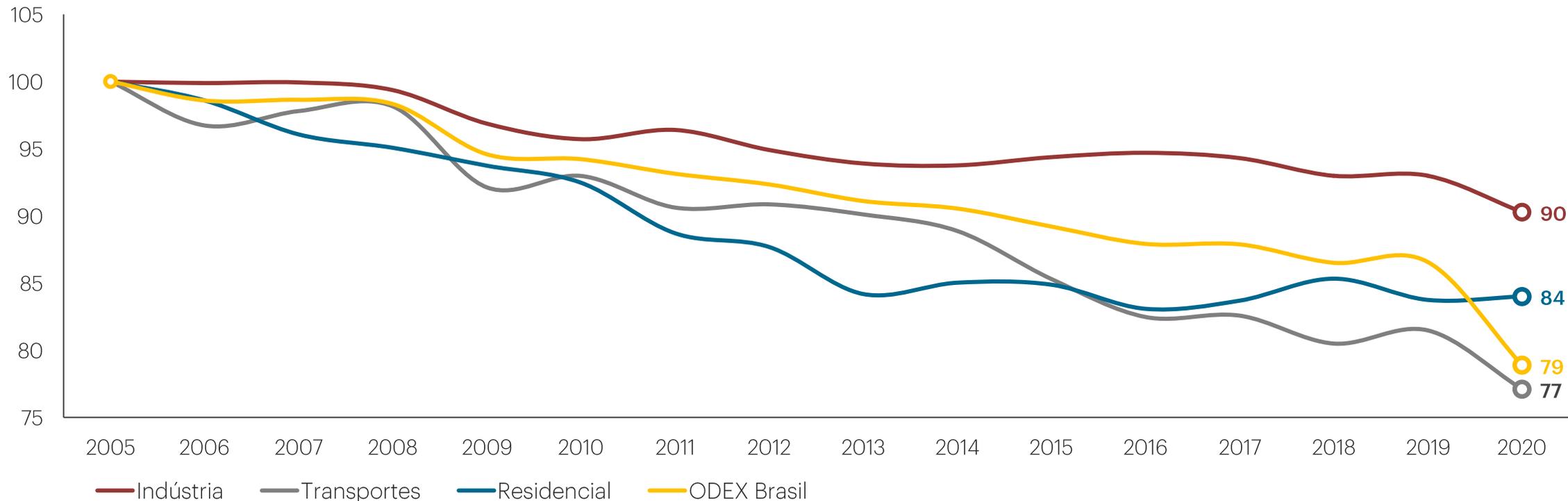


## ODEX

Neste relatório foi fixado 2005 como ano base (100), abrangendo os setores industrial, residencial, transportes e o Brasil de forma global. No período todos os setores analisados apresentaram ganhos de eficiência, sendo os maiores ganhos no setor de transportes (23%) e no setor de residencial (16%). O ODEX apurado em 2020 mostra que o país ficou 21% mais eficiente energeticamente no período.

Figura 9 – ODEX Brasil

Fonte: Elaborado por EPE



---

# Edificações

---

## Evolução do consumo das edificações: setores residencial, comercial e público.

A principal fonte de energia utilizada nas edificações é a eletricidade. As residências utilizam 46% de eletricidade, 26% GLP e 24% de lenha. Já os edifícios comerciais e públicos utilizam majoritariamente a eletricidade com 92% de participação.

Figura 10 – Energia total demandada pelas edificações

Fonte: EPE (2021b)

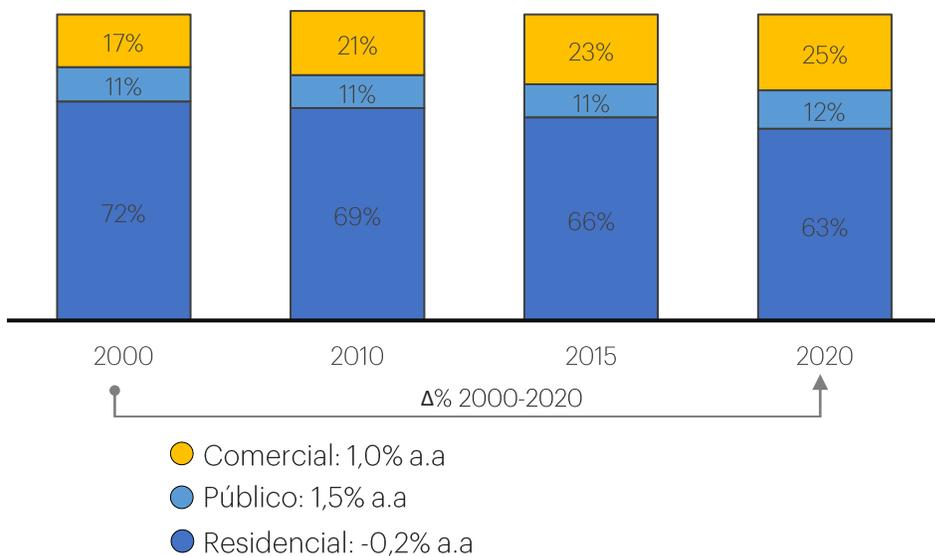
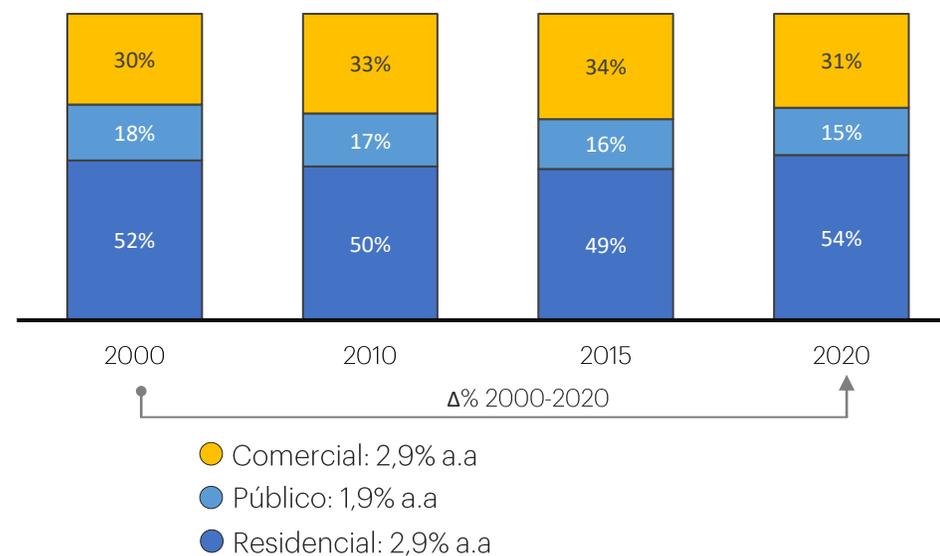


Figura 11 – Eletricidade demandada pelas edificações

Fonte: EPE (2021b)



As Edificações consomem 51% da eletricidade do país e por ter um grande consumo de eletricidade é nesse segmento que está o maior potencial de eficiência elétrica. O PROCEL estima que o Selo Procel Edificações evitou um consumo de energia de cerca de 29,25 GWh nas edificações construídas entre 2015 e 2020 (Procel, 2021).

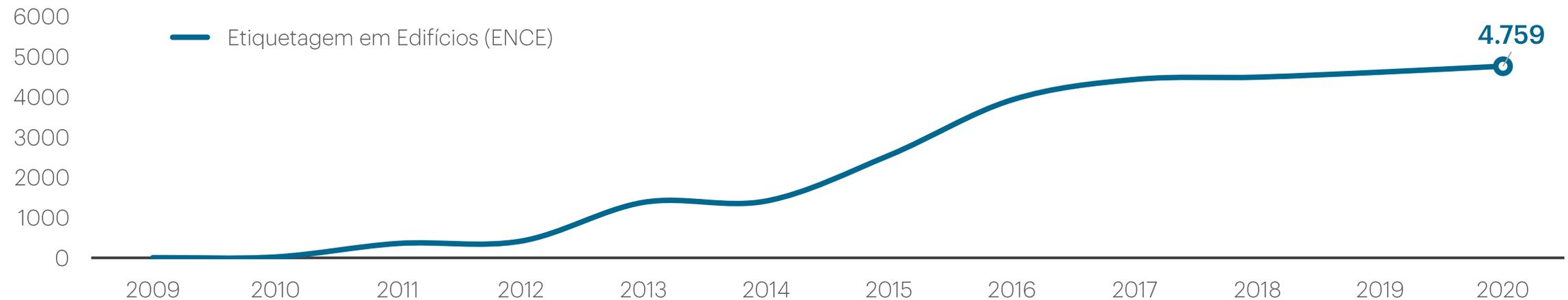
**Nota:** no setor público contempla os serviços públicos de iluminação pública e saneamento.

## Evolução da Etiqueta em Edifícios – PBE Edificações

A etiquetagem de edifícios no Brasil se iniciou em 2009, com as publicações das metodologias para a classificação do nível de eficiência energética para edifícios comerciais, de serviços e públicos e para edifícios residenciais. A etiqueta pode ser para o projeto e para o edifício construído. Os dados acumulativos da figura mostram o potencial de penetração que existe nessa política, que informa os requisitos de desempenho da edificação.

Figura 12 – Evolução da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia em Edifícios - ENCE

Fonte: INMETRO (2021)



Em 2014, os edifícios da administração pública federal direta, autárquica e fundacional, tornou obrigatória a Etiqueta de Edificações, através da Instrução Normativa SLTI n.º 2/2014, do Ministério de Planejamento Orçamento e Gestão (MPOG), que dispõe sobre as regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia e o uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam *retrofit*. Segundo a IN 02/2014, para as edificações, os projetos devem ser desenvolvidos ou contratados visando, obrigatoriamente, à obtenção da ENCE Geral de Projeto classe “A”, assim como a construção da nova Edificação deve ser executada ou contratada de forma a garantir a obtenção da ENCE Geral da Edificação Construída classe “A”.

---

# Setor Residencial

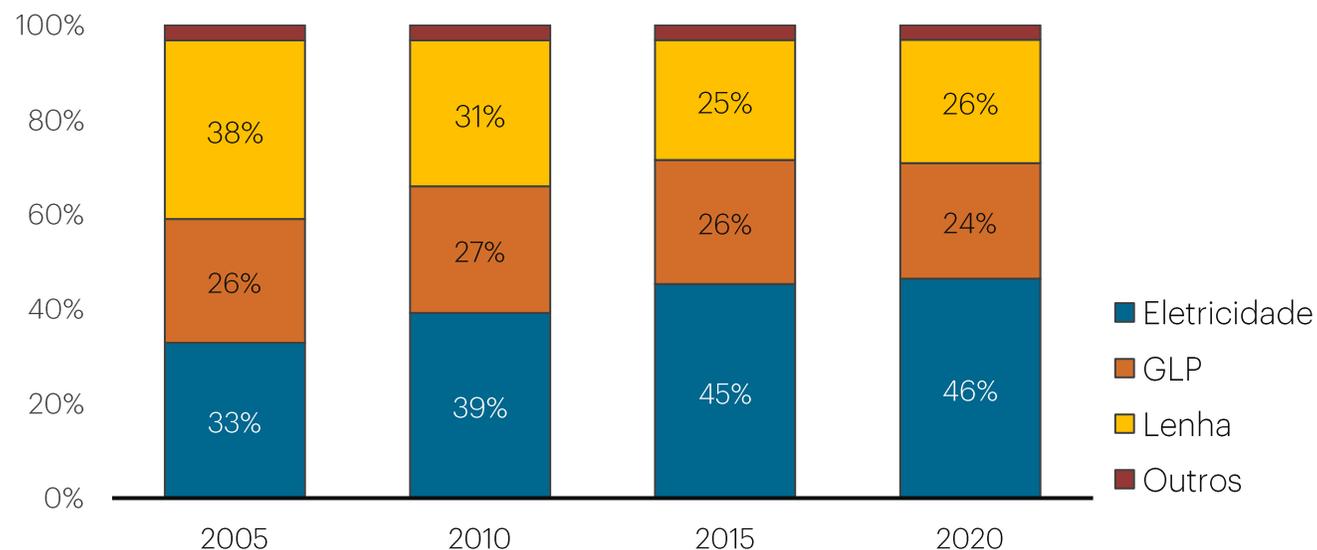
---

## Evolução do consumo energético por fonte nas residências

A eletricidade continua sendo a fonte mais utilizada nos domicílios brasileiros, com uma evolução na participação de cerca de 13,6 p.p. de 2005 a 2020 (4 p.p. a.a.). A energia elétrica possui uso disseminado nas residências, podendo ser utilizada na climatização de ambientes, conservação e cocção de alimentos, aquecimento de água, iluminação, lavanderia, entretenimento e em equipamentos elétricos e eletrônicos.

**Figura 13 – Consumo energético por fonte nas residências em anos selecionados**

Fonte: EPE (2021b)



O Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) mantém uma participação intermediária (24,4% em 2020), sendo o seu uso principal associado ao processo de cocção de alimentos.

Já o Gás Natural (GN), incluído em "Outros" é utilizado predominantemente para cocção de alimentos e aquecimento de água, principalmente nas regiões mais desenvolvidas do país e abastecidas com esta fonte. A participação ainda é muito reduzida no consumo total por fonte.

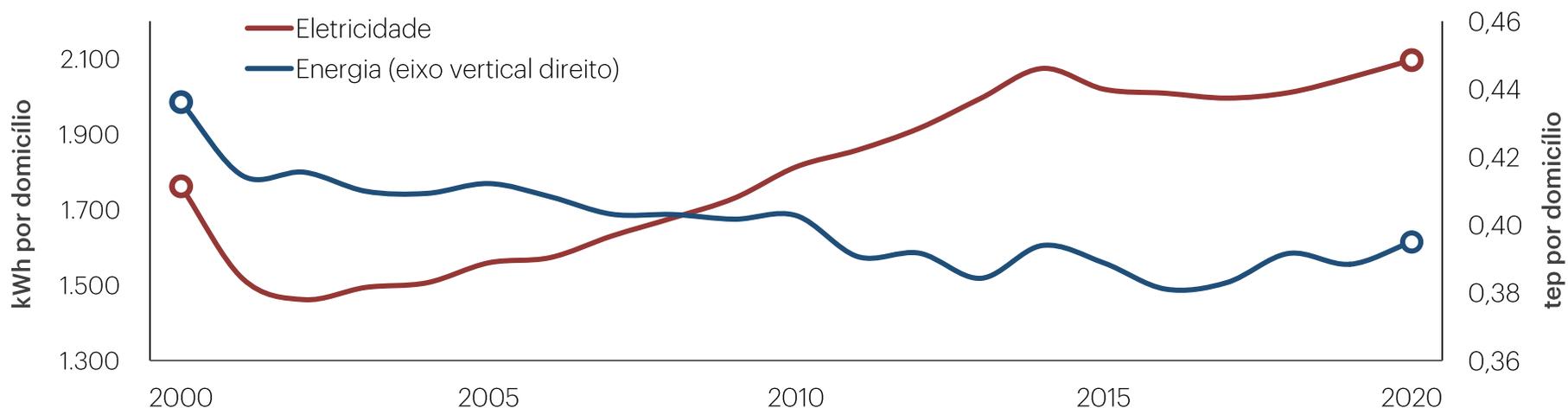
Percebe-se uma redução do consumo das biomassas tradicionais (lenha e carvão) na cocção de alimentos, em função da melhoria das condições econômicas das famílias, principalmente entre 2005-2014. A participação da lenha na cocção de alimentos aumentou em 2020 em relação a 2015, em função do momento econômico adverso, substituindo o GLP nas habitações mais carentes.

## Evolução do consumo elétrico e energético nos domicílios

Enquanto o consumo de energia por domicílio diminuiu 9,4% (queda de 0,5% a.a.) de 2000 a 2020, a demanda de eletricidade por domicílio cresceu 19% (avanço de 0,9% a.a.). No período, a demanda de eletricidade aumentou em razão do progresso econômico das famílias, do avanço do crédito para compra de eletrodomésticos, de políticas governamentais de ligações sobretudo em áreas rurais e de programas habitacionais e estímulos para reduzir o déficit habitacional brasileiro.

Figura 14 – Consumo elétrico e energético por domicílio

Fonte: Elaborado por EPE



O consumo de energia caiu no período em função da redução do uso de fontes menos eficientes em termos energéticos (biomassas tradicionais – lenha e carvão vegetal) e a consequente substituição por fontes mais eficientes (GLP, Gás Natural e eletricidade). O consumo de energia e de eletricidade tiveram uma queda brusca em 2001 devido ao racionamento de energia elétrica do país, que estimulou uma mudança de hábitos e promoveu medidas de eficiência energética nas residências brasileiras. É importante sinalizar a redução do consumo energético por domicílio até 2015, quando passou a avançar em razão da volta do uso da lenha para a cocção de alimentos, substituindo o GLP, relativamente mais caro, principalmente em famílias mais empobrecidas com a crise econômica.

## Políticas vigentes de eficiência energética nas residências

As principais medidas de eficiência energética nos domicílios são implementadas por meio de políticas de padrões e de etiquetagens obrigatórias ou voluntárias em equipamentos e eletrodomésticos. Essas políticas incluem: Índices mínimos de eficiência energética (ou de consumo máximo), Etiquetagem comparativa (compulsória ou voluntária) e Selos de endosso.

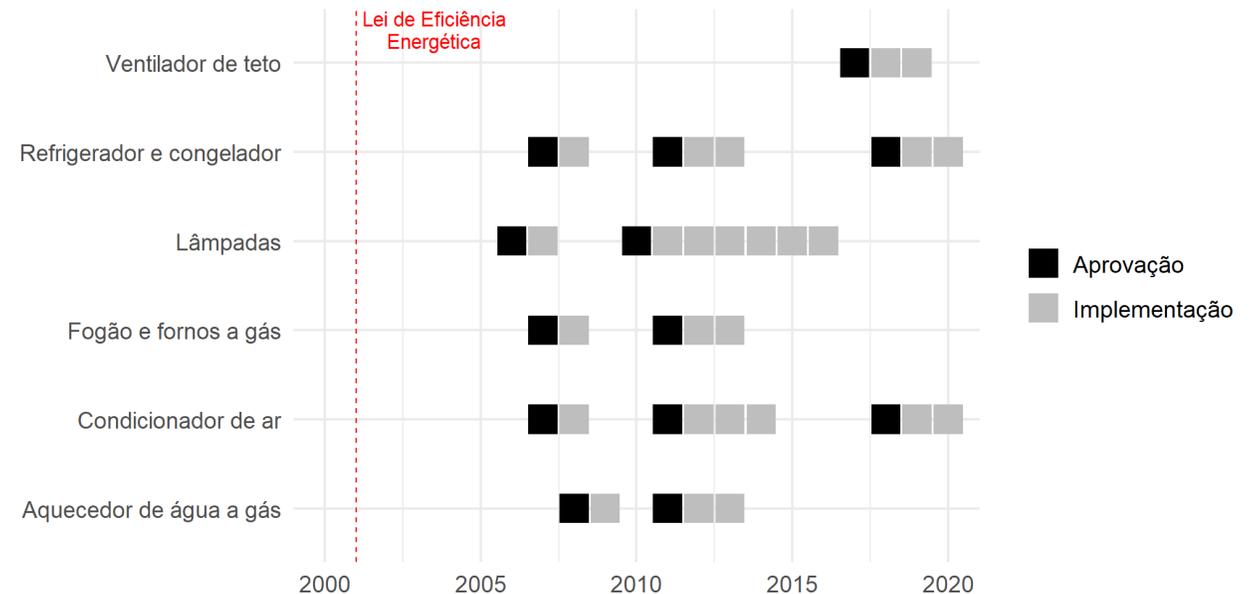
Estas iniciativas são executadas no Brasil desde 1984, com a criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), que criou etiquetas comparativas do desempenho energético de equipamentos, propiciando uma educação ao consumidor e estimulando a fabricação de produtos com maior nível de eficiência pela indústria. De acordo com o INMETRO, o PBE possui atualmente 38 programas que envolvem diferentes tipos de produtos, desde condicionadores de ar até edificações e veículos leves.

Em parceria com o PBE, foram criados em 1993 os Selos PROCEL (para equipamentos elétricos) e CONPET (para produtos que utilizam combustíveis derivados de petróleo e gás natural) a fim de valorizar e premiar os dispositivos mais eficientes em termos energéticos.

Além das políticas de padrões e etiquetagem, existem iniciativas complementares no país que buscam promover a eficiência energética por meio de normas, certificações e programas, que incluem não apenas os equipamentos que consomem energia elétrica, mas também o desempenho térmico das edificações, as suas relações com os moradores e o estímulo ao uso de sistemas alternativos de geração de energia em habitações de interesse social (HIS).

**Figura 15 – Período de aprovação e implementação das políticas de índices mínimos de eficiência energética de equipamentos residenciais**

Fonte: Elaborado pela EPE com base em dados do MME



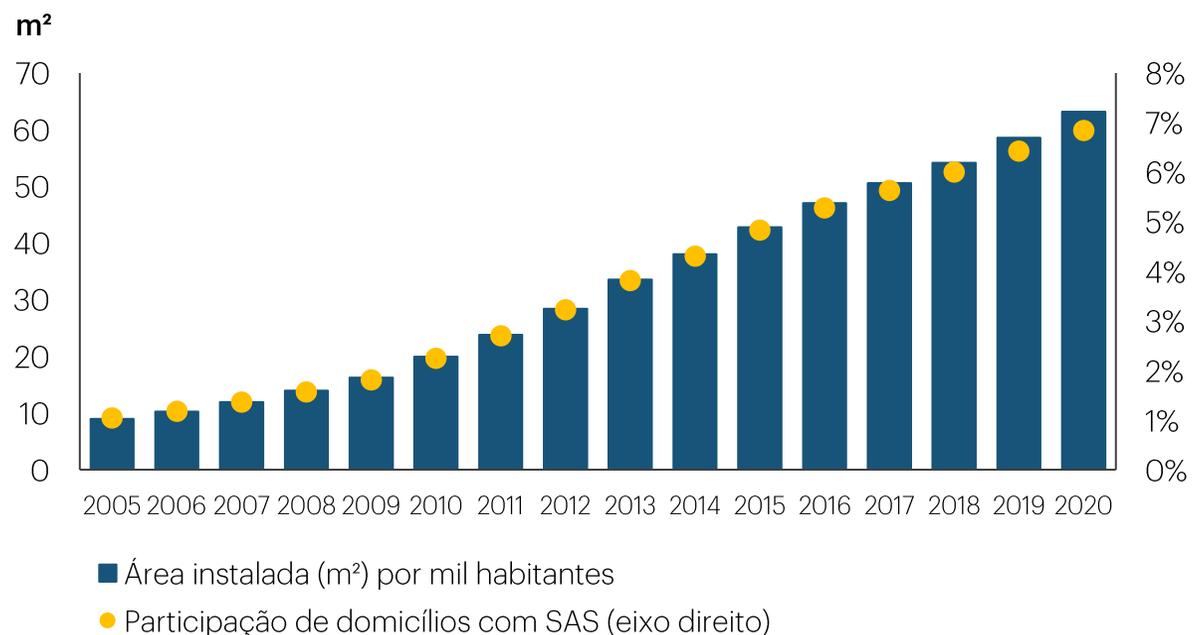
**Nota:** São consideradas as datas contidas nas regulamentações específicas e nos planos de metas. Para os dados de lâmpadas foram consideradas as regulamentações específicas e os planos de metas de lâmpadas incandescentes e lâmpadas fluorescentes compactas.

## Penetração de Sistemas de Aquecimento Solar (SAS) nas residências

A conversão da energia do Sol em energia térmica se baseia na absorção da radiação solar e sua transferência, sob forma de calor, para um elemento que fornecerá determinado serviço energético. Em geral, a energia solar térmica pode ser destinada ao aquecimento de água em residências e em processos industriais. Os sistemas de aquecimento solar de água são compostos pelos coletores solares e pelo reservatório térmico, local onde fica armazenada a água aquecida. Os SAS possuem equipamentos complementares de aquecimento, que podem utilizar energia elétrica ou gás, e que são ativados em períodos de baixa intensidade solar. Os padrões de qualidade dos coletores e reservatórios são normalizados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem, coordenado pelo INMETRO.

**Figura 16 – Penetração de Sistemas de Aquecimento Solar (SAS) nas residências**

Fonte: Elaborado pela EPE



Ao passo que para os consumidores, a utilização de SAS pode reduzir o gasto total com energia, para o setor elétrico, o seu uso pode diminuir o consumo de eletricidade da rede, a demanda de ponta em períodos críticos e as perdas técnicas no sistema, contribuindo para postergar novos investimentos em geração, transmissão e distribuição. Finalmente, do ponto de vista ambiental, o uso de SAS pode ajudar para a redução de emissões de GEE.

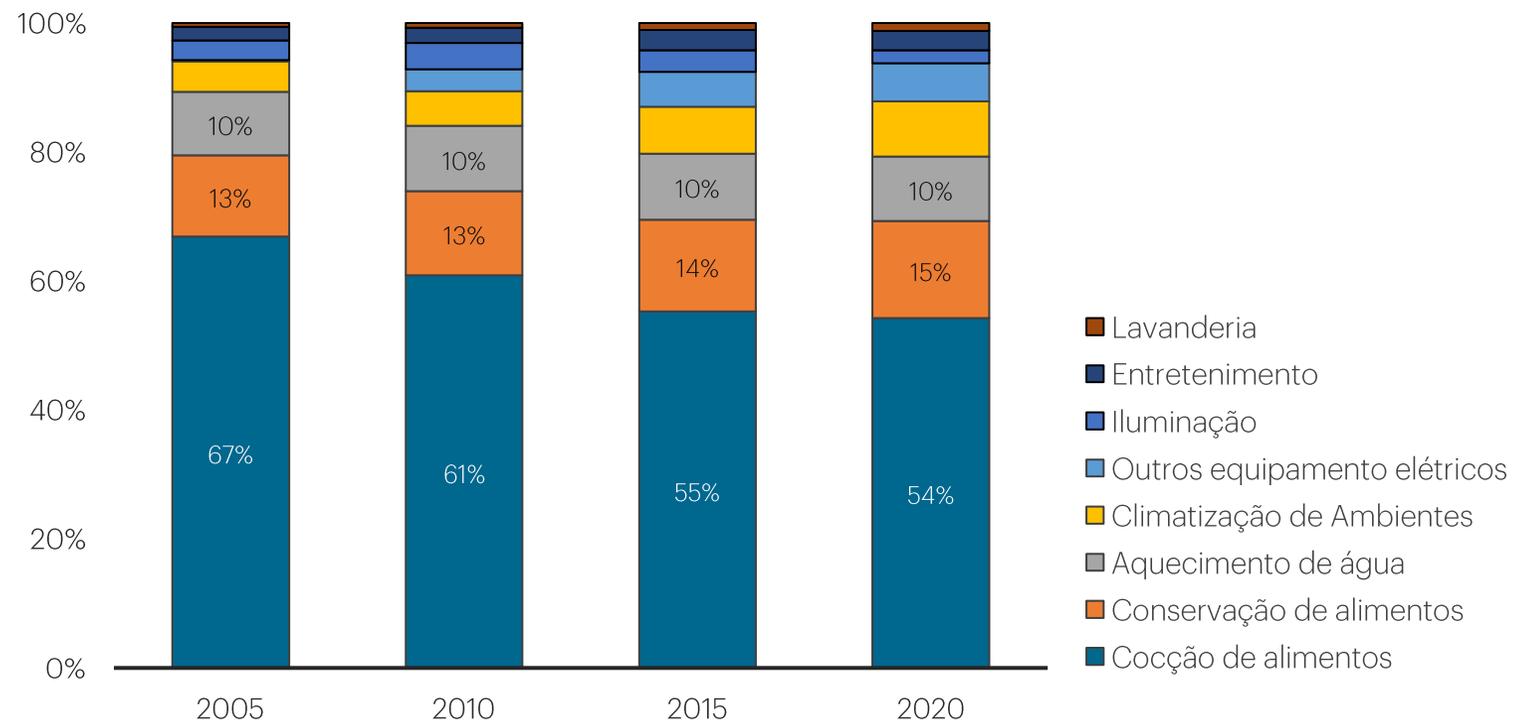
A área total acumulada de coletores atingiu por volta de 19,2 milhões m² em 2020. Destaca-se que o setor residencial é o principal destino dos coletores, com quase setenta por cento do total de área nova instalada em 2020 (ABRASOL). A difusão da tecnologia SAS desloca o uso da eletricidade em chuveiros elétricos para aquecimento de água para banho.

## Evolução do consumo energético por uso final nas residências

O principal uso final da energia nas residências é a cocção de alimentos, seguido pela conservação de alimentos e pelo aquecimento de água. A redução da participação da cocção de alimentos no período entre 2005 e 2020 pode ser explicada pelo processo de transição energética das famílias que substituem o consumo de biomassas tradicionais por combustíveis mais modernos à medida que progridem economicamente. Já a iluminação vem perdendo participação ao longo do tempo em função do uso cada vez mais disseminado de lâmpadas mais eficientes, sobretudo as fluorescentes compactas e as de tecnologia LED.

Figura 17 – Consumo de energia residencial por uso final em anos selecionados

Fonte: Elaborado por EPE



O crescimento da participação de outros equipamentos elétricos e eletrônicos no período pode ser explicado pelo aumento das suas posses pelas famílias, em função da evolução da renda, da facilidade de acesso ao crédito e da retração dos preços dos dispositivos, que acompanha uma transição tecnológica e de costumes.

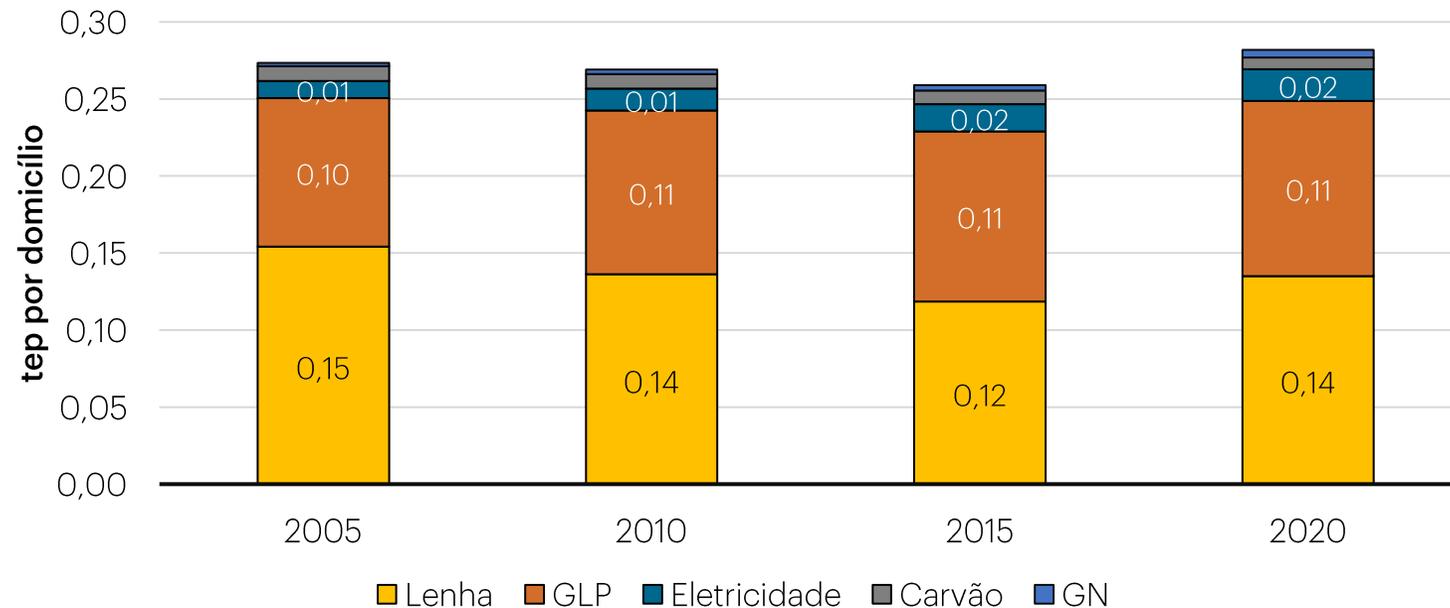
A climatização de ambientes vem ganhando participação em razão do aumento do uso de condicionadores de ar à medida que as famílias vão tendo condições financeiras para realizar a compra, substituindo ventiladores e circuladores de ar, relativamente mais baratos. A indução também pode acontecer pela presença de dias mais quentes na média ao longo dos anos.

## Evolução do consumo energético para cocção por fonte

A lenha é a fonte que possui o maior consumo energético por domicílio no país, em razão de seu rendimento ser mais baixo em relação às outras fontes mais modernas, gerando mais desperdício da energia gerada. Já o GLP consegue ter uma capilaridade grande no Brasil, atingindo em torno de 94% das residências brasileiras em 2020.

Figura 18 – Evolução do consumo energético para cocção por fonte

Fonte: Elaborado por EPE



A participação do uso da eletricidade na cocção de alimentos é ainda muito pequena, estando relacionada à utilização de fornos e fogões elétricos e micro-ondas. A atividade de cocção é predominantemente realizada por fontes como GLP e biomassas tradicionais. A utilização do gás natural é também muito pequena, restrita basicamente às áreas urbanas de cidades com infraestrutura instalada.

# Eletricidade – usos finais, posse e consumo médio anual por equipamento

Figura 19 – Consumo elétrico residencial por uso final

Fonte: Elaborado por EPE

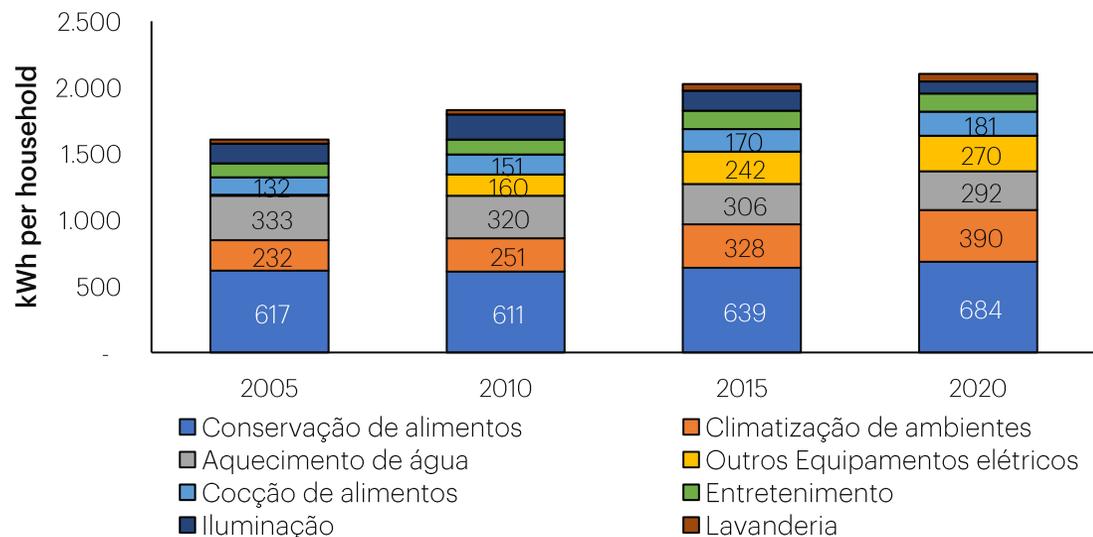
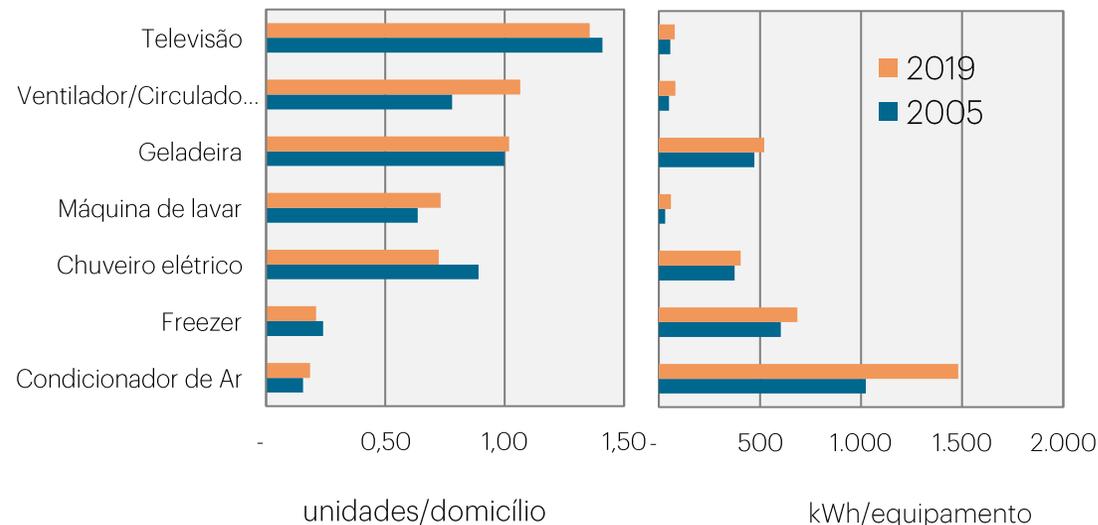


Figura 20 – Posse e consumo médio anual por equipamento

Fonte: Elaborado por EPE



A conservação de alimentos é o uso final com maior consumo por domicílio do país, em virtude de as geladeiras estarem em praticamente todas as residências brasileiras, ficarem ligadas as 24 horas de todos os dias do ano e terem um consumo específico significativo. Ventiladores e circuladores de ar possuem uma posse um pouco maior que 1 equipamento/domicílio, sendo uma solução de menor custo para a climatização ambiental. A redução da utilização da energia elétrica para aquecimento de água se deve à maior penetração dos sistemas de aquecimento solar (SAS) e da expansão da rede de gás natural ao longo do período 2005-2020.

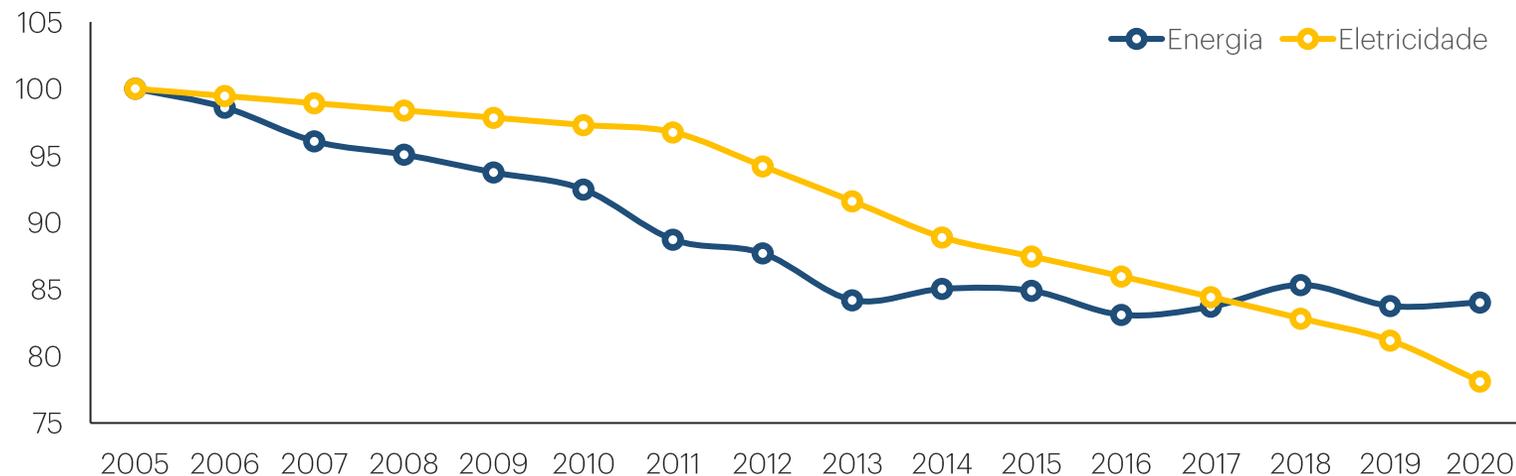
Enquanto a penetração de equipamentos novos e mais eficientes tende a reduzir o consumo médio de energia do estoque existente no país, em outro sentido, o aumento da frequência de uso dos aparelhos ao longo dos anos, ainda reprimida em muitos casos, contribui para aumentá-lo. Apesar da posse baixa de 0,18 equipamento/domicílio dos condicionadores de ar em 2020, eles possuem o maior consumo específico. A posse de freezers e chuveiros elétricos caiu no período. No caso dos congeladores, a redução é resultado, em grande parte, da mudança de hábito das famílias nas últimas décadas que deixaram de substituir os equipamentos que atingiram o fim da sua vida útil, sendo sucateados.

## ODEX residencial

Este indicador para as residências agrega a tendência de consumo dos diferentes usos finais (no caso energético), ou equipamentos (no caso elétrico), com base em seus pesos no consumo total.

Figura 21 – Evolução do ODEX residencial calculado para energia total e eletricidade

Fonte: Elaborado por EPE



Enquanto o ODEX calculado para energia assinalou queda de cerca de 16% (1,2% a.a.) entre 2005 e 2020, a retração do ODEX para a eletricidade ficou próxima de 22% (1,6% a.a.). Observa-se que nos últimos anos a retração do indicador é mais significativa para a energia elétrica, sugerindo a importância dessa fonte na conservação de energia residencial no país.

**Os indicadores associados ao consumo de energia nas residências analisados neste documento sugerem que, quando consideramos os principais usos finais, bem como os principais equipamentos elétricos, observamos uma tendência de eficiência energética no setor residencial brasileiro entre 2005 e 2020.** Para a eletricidade, observa-se uma redução do consumo específico médio do estoque nacional de equipamentos, em função da primeira compra ou substituição por aparelhos mais eficientes aqueles em final de vida útil ou que ficaram inutilizados. Por sua vez, influencia no comportamento do indicador de energia a substituição entre os energéticos, como, por exemplo, o retorno ao uso da lenha em momentos de quadro econômico enfraquecido e aumento do custo do GLP, principalmente para as famílias de baixa renda. Além das políticas públicas de indução, a eficiência energética é resultado de interações complexas que incluem fatores econômicos, sociais, tecnológicos e comportamentais das famílias.

---

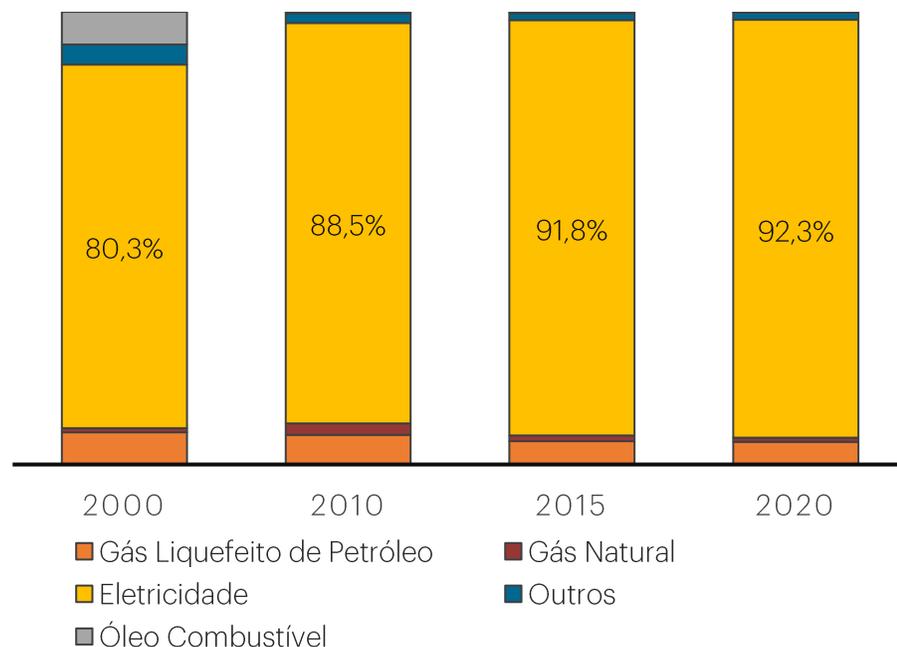
# **Setor de Serviços** **(comercial e serviços públicos)**

---

## Panorama: evolução do consumo final energético, por fonte, no setor de serviços<sup>[1]</sup>

Figura 22 – Consumo final energético por fonte nos serviços

Fonte: EPE (2021b)



O consumo final de gás natural dos estabelecimentos cresceu 1,9% a.a. no período de 2000 a 2020, tendo seu ápice de consumo em 2007. Cabe ressaltar que, parte do gás natural é destinada à geração de eletricidade, que não é contabilizada, segundo a metodologia do BEN, como consumo final.

O consumo de GLP a partir de 2005 estabilizou-se no patamar de 600 ktep, influenciado pela resolução da ANP nº22/2005 Art.30 veda o uso do GLP em:

- Saunas;
- Caldeiras;
- Aquecimento de piscinas, exceto para fins medicinais;
- Motores de qualquer espécie, inclusive com fins automotivos, exceto empilhadeiras e equipamentos industriais de limpeza movidos a motores de combustão interna.

A eletricidade continua a ganhar importância no consumo final do setor no período 2000-2020, podendo estar associada a diversos fatores como o aumento da posse de equipamentos elétricos nos estabelecimentos, o aumento da automação e controle de processos, substituição do uso de fontes secundárias, entre outros fatores. Entretanto, **entre 2019-2020, a eletricidade teve uma redução de 10%, devido a paralisação das atividades do setor, sobretudo aquelas ditas não essenciais no contexto da pandemia.**

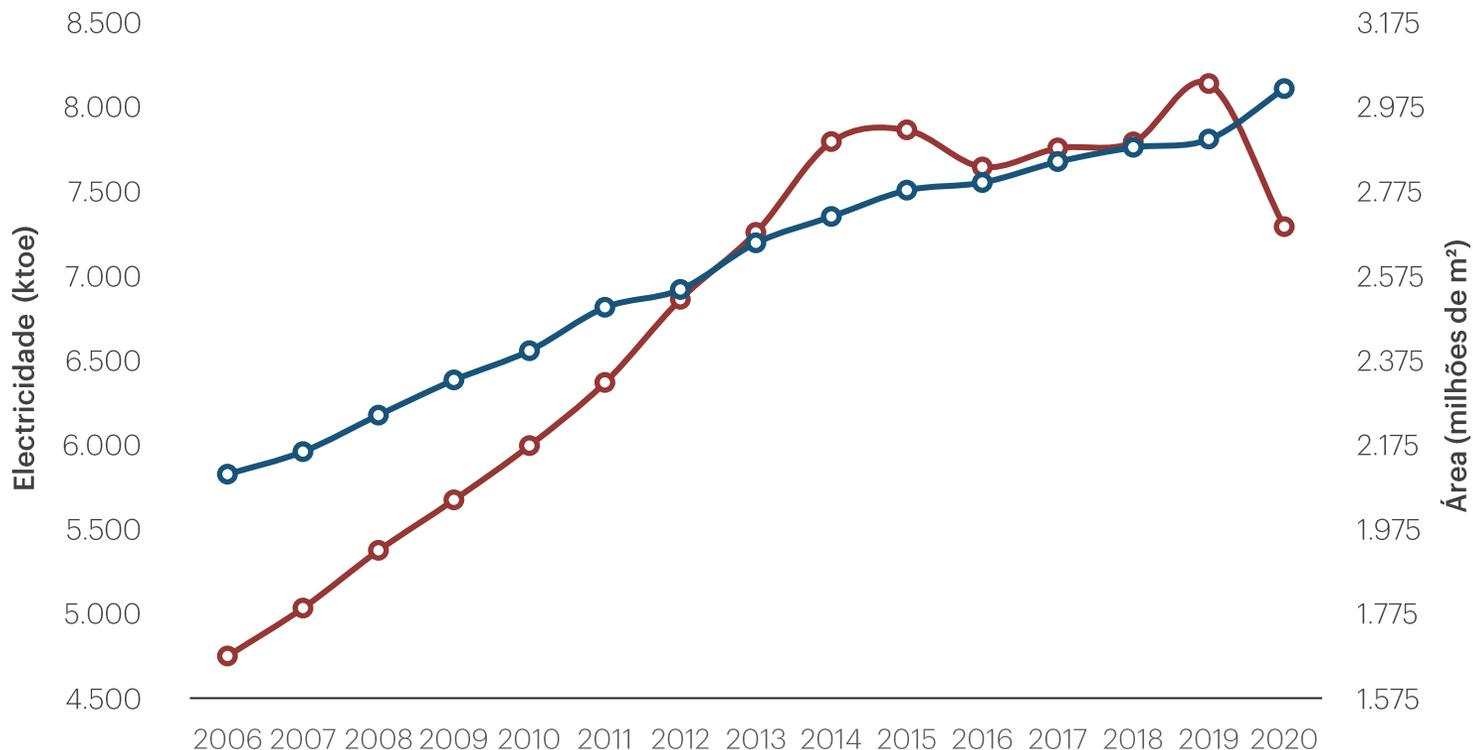
<sup>[1]</sup> Setores comercial e público conforme a classificação do Balanço Energético Nacional

## Análise: Setor de Comercial

Observa-se, para o período de 2006-2019 um aumento crescente da área de estabelecimentos comerciais com taxa média anual de 2,5%, enquanto no mesmo período o consumo de eletricidade do setor apresenta um aumento de 4,2% a.a. Segundo boletim econômico da ABRAVA (2020), a venda de equipamentos de refrigeração centrais como Chiller, VRF e Package cresceu 9% ao ano entre 2010-2014, decresceu 3,4% a.a. de 2014-2019, corroborando para a evolução do consumo supracitada.

Figura 23 – Evolução do Consumo de Energia e Área do Setor Comercial

Fonte: Elaborado por EPE



Em 2020, a área dos segmentos cresceu 4,1% em relação ao ano anterior, impulsionado pela expansão dos segmentos de Hospitais, pronto-socorro, difusão da informação, entre outros. Por outro lado, a paralisação ou redução das atividades corroboraram ao fechamento de alguns estabelecimentos comerciais, sobretudo padarias, confeitarias, bares e restaurantes. Cabe ressaltar que, tais medidas, necessárias ao combate à disseminação do vírus da COVID 19, levaram à adaptação operativa do setor comercial, intensificando implementações de sistemas de e-commerce, serviços de delivery, tele trabalho, modalidades de ensino à distância, entre outros. Dessa forma, enquanto a área dos estabelecimentos expandiu-se 4,1% em relação a 2019, o consumo de energia elétrica reduziu 10,4%.

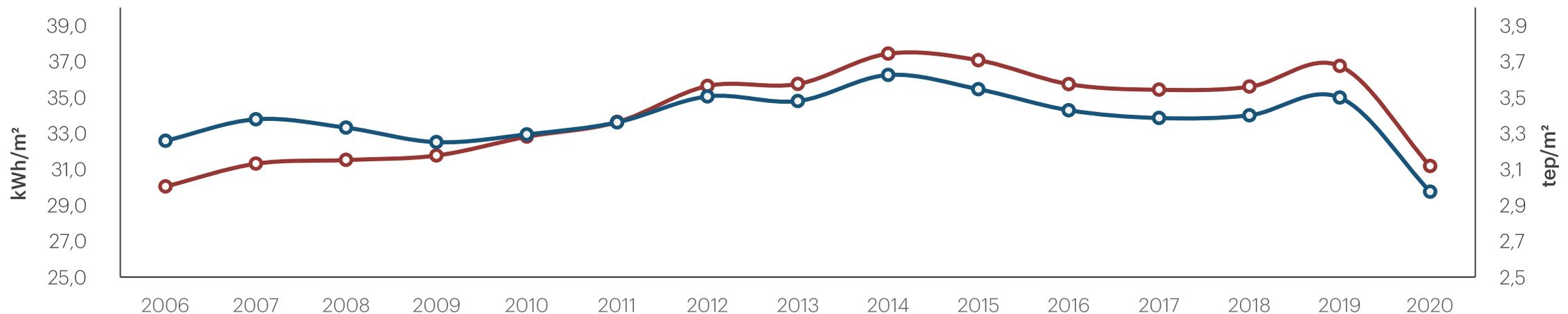
## Análise de indicadores setoriais: evolução do consumo por m<sup>2</sup> das edificações comerciais e públicas

O consumo de energia por metro quadrado nas edificações comerciais e públicas cresceu no período de 2006 a 2014, sobretudo com o aumento da posse e uso de equipamentos elétricos. No entanto, a partir de 2014 o indicador demonstra estabilidade até 2019 culminando em vertiginosa queda no ano de pandemia do Covid-19. É importante salientar que ambos os indicadores estão sob efeito de eficiência energética, visto que políticas de eficiência em curso atenuam o crescimento do consumo. Entretanto, há outros efeitos que corroboram para as trajetórias ilustradas, como:

- A implementação da Resolução 414/2010 da Aneel a qual reclassificou parte do consumo de eletricidade de condomínios prediais, antes contabilizada no setor residencial, ao setor comercial.
- O efeito climático que intensifica/atenua o uso de equipamentos de condicionamento ambiental: condicionadores de ar, ventiladores, entre outros.
- Crises Hídrica, Econômica e Sanitária ao longo dos últimos anos.

Figura 24 – Consumo<sup>1</sup> por metro quadrado

Fonte: Elaborado por EPE

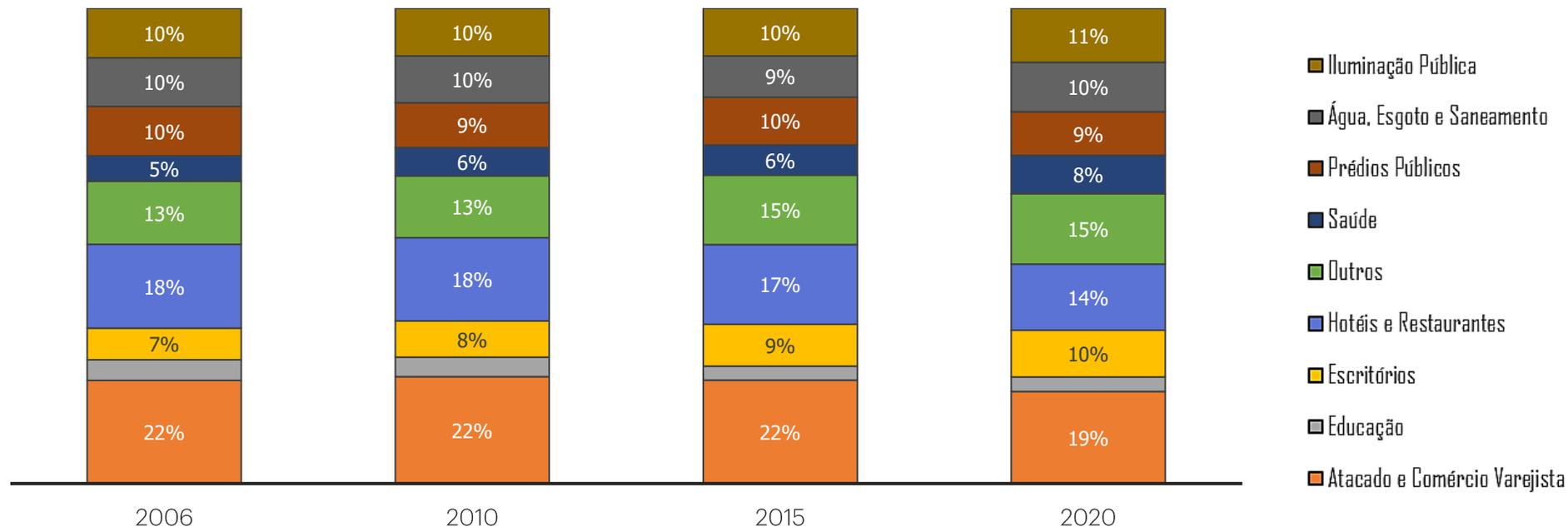


<sup>[1]</sup> Não inclui consumo dos segmentos: iluminação pública, água, esgoto e saneamento. O consumo em tep considera todos os energéticos.

## Consumo de Energia por Segmento 2006-2020

Figura 25 – Consumo final energético por segmento no setor de serviços

Fonte: Elaborado por EPE



O setor de serviços, intrinsecamente heterogêneo, apresenta certa homogeneidade nos montantes energéticos anuais consumidos por segmento ao longo do período. Entretanto, em 2020, com a pandemia da Covid-19 o segmento de saúde ganhou participação no consumo final energético em detrimento dos segmentos comércio varejista, hotéis e restaurantes.

## Algumas políticas vigentes de eficiência energética

Para o setor de serviços, importantes políticas de eficiência energética impulsionam a entrada de equipamentos e edificações mais eficientes, com destaque para:

- Programa Brasileiro de Etiquetagem – INMETRO, criado em 1984
- PROCEL RELUZ - Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes, criado em 2000;
- Programa de Eficiência Energética - PEE regulada pela ANEEL , criado em 2000;
- Lei nº 10.295 de 2001 - Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (Lei de Eficiência Energética);
- Grupo Técnico para Eficientização de Energia em Edificações, criado em 2001;
- Procel Edifica – Programa de Eficiência Energética em Edificações Eletrobrás/Procel, criado em 2003;
- PROCEL SANEAR – Programa de Eficiência Energética em Saneamento Ambiental, criado em 2003;
- Plano Anual de Recursos do PROCEL, Lei nº13.280/2016;
- Selo Procel para equipamentos (1993) e edificações (2014);
- ABNT/NBR 15220/2005 – Norma Brasileira de Desempenho Térmico para Edificações;
- ABNT/NBR 15575/2013 – Desempenho de edificações habitacionais, edifícios habitacionais de até cinco pavimentos;
- INMETRO, Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais- RTQ-R, RAC - Requisito de Avaliação da Conformidade para Edificações e suas Portarias Complementares,
- Instrução Normativa SLTI n.º 02/2014 do MPOG.

---

# Setor Industrial

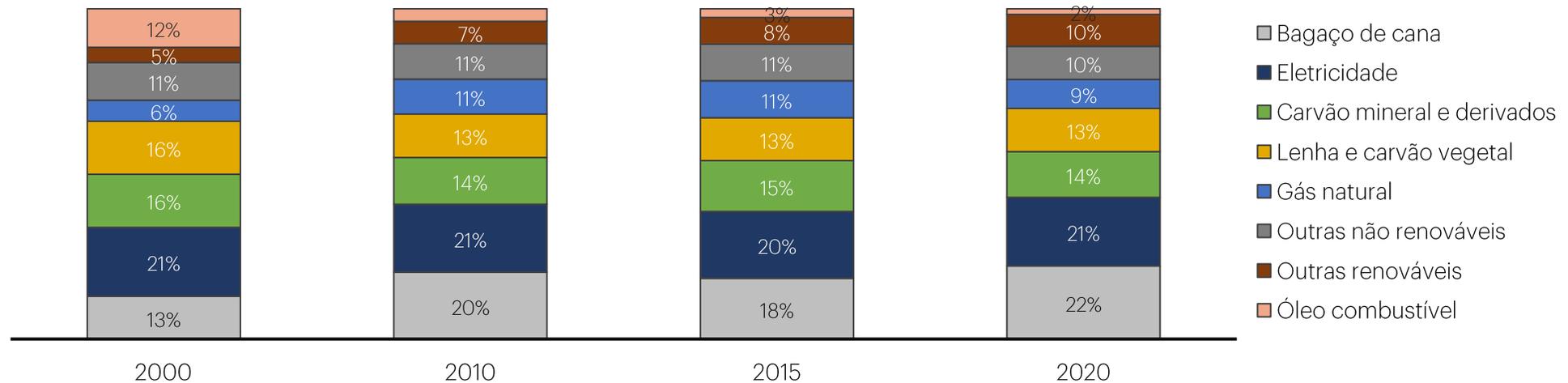
---

## Panorama da indústria: evolução do consumo energético por fonte

O setor industrial foi fortemente impactado pela redução da atividade econômica industrial especialmente em 2020 devido às restrições impostas pela pandemia. A indústria substituiu boa parte do óleo combustível por combustíveis como gás natural (em diversos segmentos, como química e alimentos e bebidas) e coque de petróleo (na indústria de cimento), reduzindo sua participação de 12% para 2% no horizonte analisado. O bagaço de cana e outras renováveis (principalmente lixívia), ganham relevância, associado à indústria de açúcar e celulose, respectivamente. A eletricidade mantém sua participação por volta de 21%.

Figura 26 – Consumo final energético por fonte

Fonte: EPE (2021b)



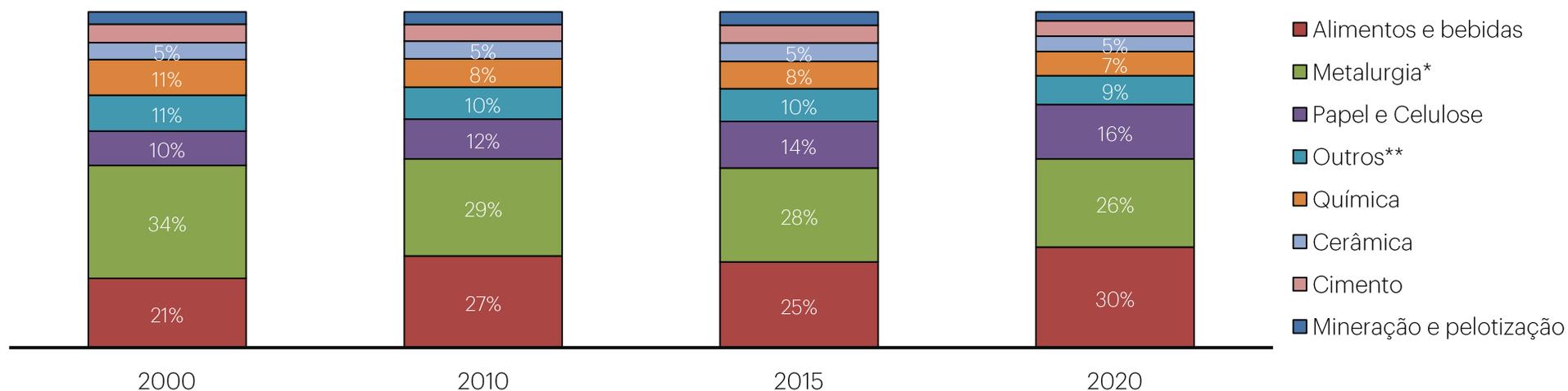
Entre 2015 e 2020, as principais fontes da indústria que se destacaram, em ordem de relevância, foram: bagaço de cana, eletricidade e outras renováveis. Em 2020, a redução do consumo de fontes como o gás natural, as outras não renováveis e o óleo combustível retrataram o elevado nível de ociosidade de diversos segmentos industriais.

## Panorama da indústria: evolução do consumo da indústria por subsetores

O ganho de participação do setores de produção de açúcar e de celulose ratifica, respectivamente, o aumento da participação do bagaço de cana e de outras renováveis no consumo industrial. Observa-se a redução da participação do óleo combustível, deslocado gradualmente pelo coque de petróleo (notadamente na produção de cimento) e por outras renováveis (na produção de papel e celulose).

Figura 27 – Participação dos subsetores no consumo final de energia da indústria

Fonte: EPE (2021b)



A soma do consumo final de energia em apenas três setores (dentre os quais metalurgia, alimentos e bebidas e papel e celulose) correspondem a 72% do total consumido pela indústria em 2020. Se comparado à 2015, houve crescimento da participação dos setores de alimentos e bebidas (+5 p.p.), em especial do açúcar, e de papel e celulose (+2 p.p.), enquanto a participação da metalurgia reduziu em -2 p.p.

\*Metalurgia inclui siderurgia, ferroligas e não ferrosos e outros da metalurgia.

## Evolução do consumo de energia, valor adicionado e intensidade da indústria brasileira

- Entre 2001 e 2013 observa-se uma tendência de crescimento da atividade industrial e do consumo energético na indústria, interrompido de forma pontual durante a crise energética (2001) e na recessão mundial provocada pela crise financeira internacional (2008/2009). A intensidade energética se mantém relativamente estável, principalmente entre 2005 e 2010.
- Entre 2010 e 2013 a economia se recupera, com crescimento de até 10,9% do PIB e redução da intensidade industrial.
- Entre 2014 e 2019, no entanto, essa trajetória é revertida. Uma retração do PIB industrial per capita em 3,9% ao ano se confirma pela redução na produção dos bens industriais nacionais de forma quase generalizada devido a crise econômica enfrentada associada ao cenário doméstico deteriorado.
- Igualmente, o nível de ociosidade do setor da indústria de transformação se alavancou e com maior participação de energointensivos, houve aumento da intensidade energética em 1,3% ao ano nesse período.
- Ao longo de 2020, a economia mundial e nacional foram impactadas pela pandemia COVID-19, que levou a medidas de isolamento e restrições à mobilidade. A expectativa de redução da demanda impactou a operação de plantas industriais, e consequentemente a queda do consumo de energia e valor adicionado industrial, principalmente no primeiro semestre.

Figura 28 – OIE, consumo energético e valor adicionado das indústrias no Brasil

Fonte: Elaborado por EPE, a partir de EPE (2021b) e IBGE (2021)

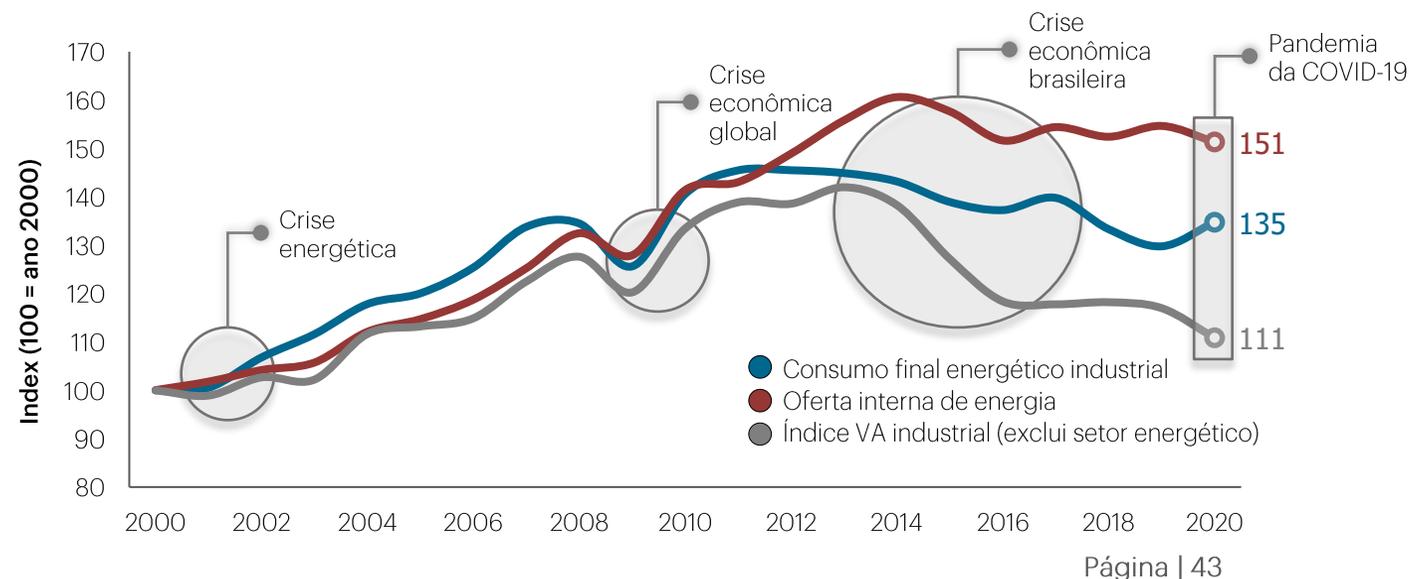
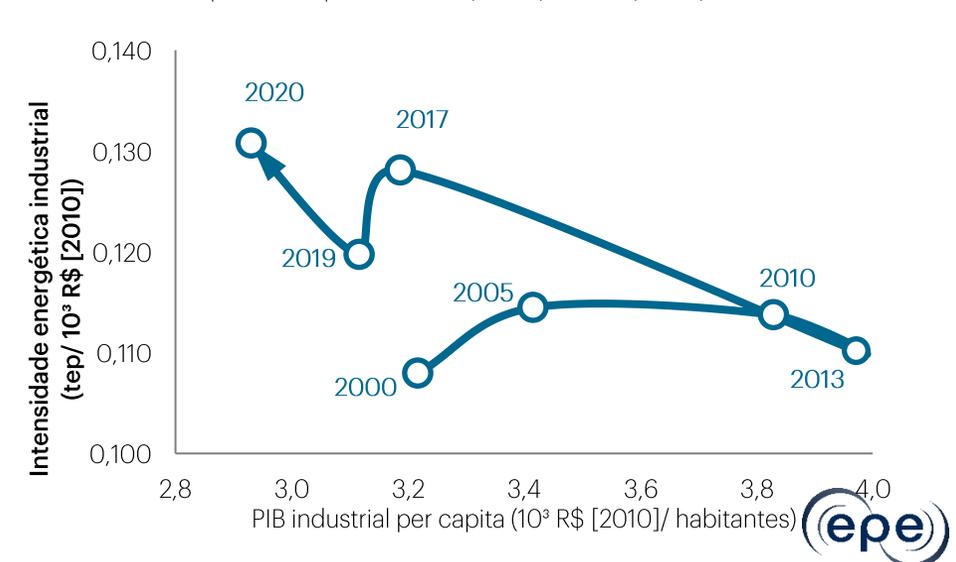


Figura 29 – Caminho da intensidade energética e PIB per capita na indústria

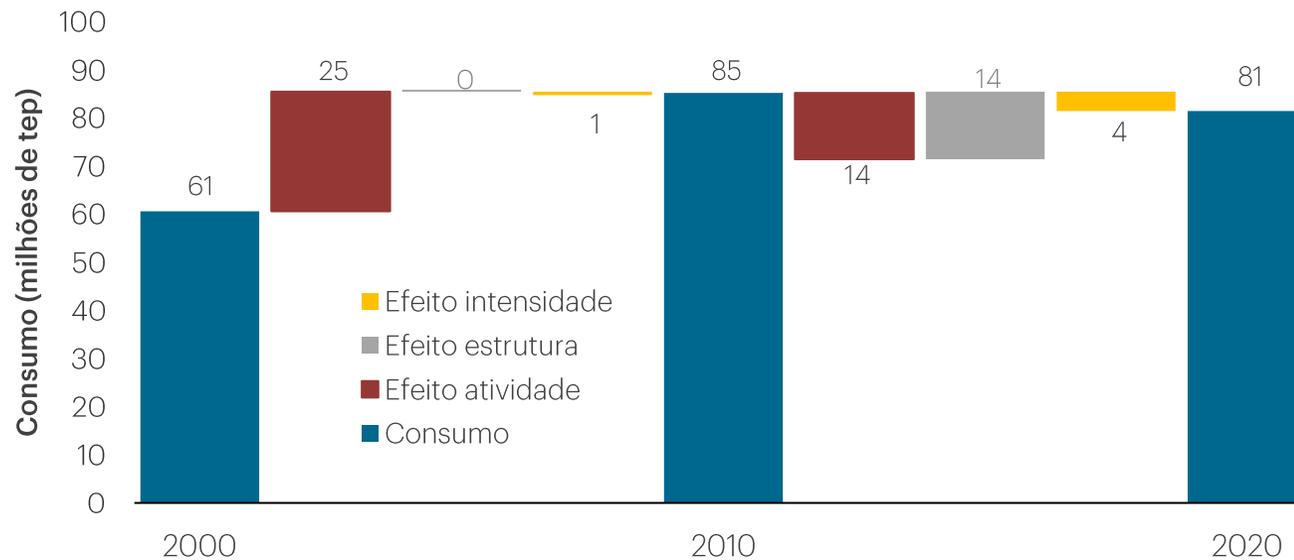
Fonte: Elaborado por EPE, a partir de EPE (2021b) e IBGE (2021a)



## Decomposição dos efeitos no consumo de energia: entre 2000 e 2020 o consumo energético da indústria aumentou em 1,5% ao ano

Figura 30 – Decomposição dos efeitos intensidade, estrutura e atividade

Fonte: : Elaborado por EPE, a partir de EPE (2021b) e IBGE (2021)



A variação do consumo industrial pode ser explicado por três efeitos principais: variações no nível de atividade (valor adicionado), mudanças na estrutura (participação relativa dos segmentos industriais) e intensidade de cada segmento.

Entre 2000 e 2010 houve grande aumento da atividade industrial, e os efeitos estrutura e intensidade foram tímidos e se compensaram. As indústrias que mais cresceram no período foram alimentos e bebidas, mineração e pelotização e papel e celulose.

Entre 2010 e 2020 o consumo industrial cai em função da redução da atividade industrial (pelas diversas crises econômicas que impactaram o setor industrial a partir de 2014), e também por ganhos de eficiência energética. Entretanto, parte da redução é compensada pelo efeito estrutura.

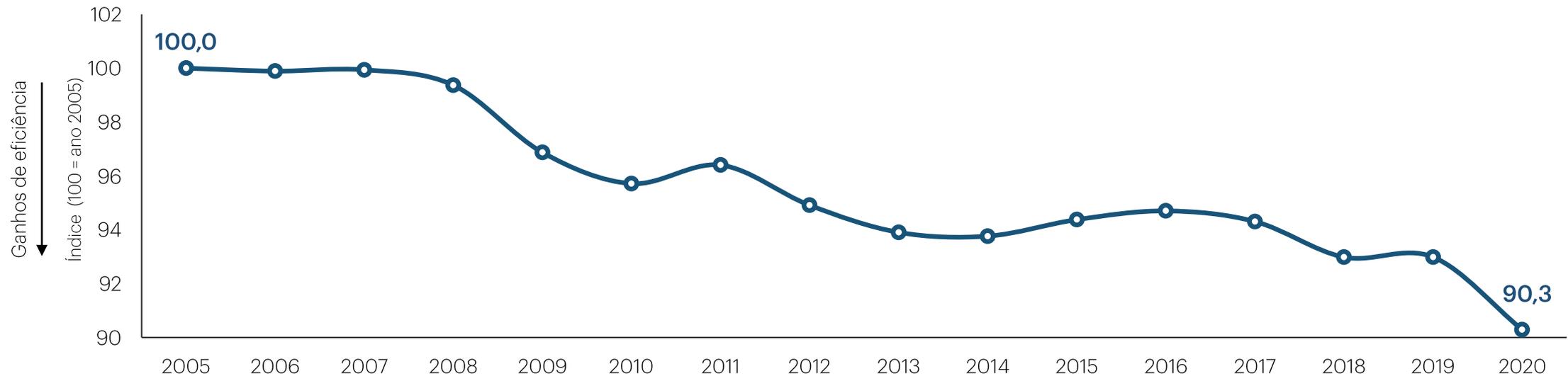
As indústrias de alimentos e bebidas e papel e celulose se destacam por crescer em todo horizonte. Entretanto, no primeiro período praticamente todos os segmentos crescem, com pouca variação estrutural. Já no segundo período, diversas indústrias reduzem sua atividade e perdem participação, em especial têxtil e outras indústrias, predominando segmentos energointensivos – aumentando a intensidade da indústria nacional.

## ODEX do consumo de energia do setor industrial

Para o cálculo do ODEX, foi considerado o consumo específico para os segmentos da siderurgia, papel e celulose, cimento e açúcar, e intensidade energética para os segmentos de outros alimentícios, têxtil, química, cerâmica, ferroligas, outros da metalurgia, mineração e outras indústrias, em função da disponibilidade de informações.

Figura 31 – ODEX industrial

Fonte: Elaborado por EPE

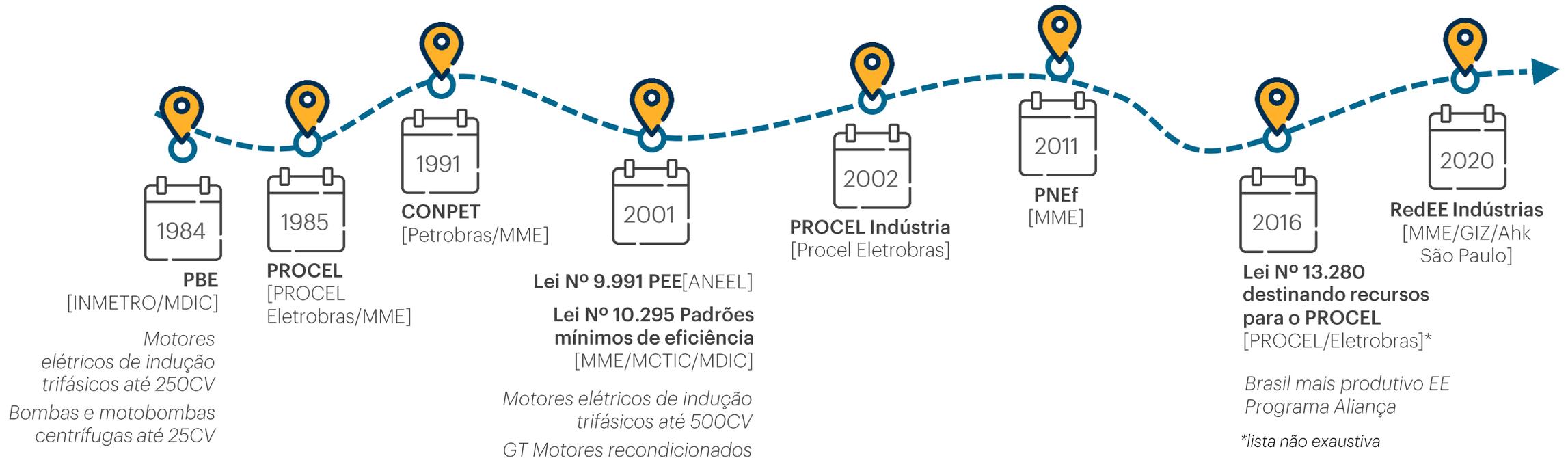


Em 2020 o ODEX da indústria atingiu o valor 90,3, o que corresponde a um ganho de eficiência energética de 9,7% em relação à 2005 (redução média de 0,7% ao ano). Os segmentos com maior eficiência no período foram a metalurgia e mineração e pelotização. De 2019 para 2020, a indústria química e de cimento foram as que mais contribuíram para a melhoria do indicador.

## Linha do tempo: políticas vigentes de eficiência energética

Figura 32 – Principais destaques de políticas de eficiência ligadas ao setor industrial

Fonte: EPE. Imagens: Ícones feitos por Freepik de [www.flaticon.com](http://www.flaticon.com)



Para o setor industrial, importantes políticas que impulsionam a penetração de equipamentos e processos mais eficientes e o aproveitamento das oportunidades de eficiência energética, além de representar por si só um vetor de ganho de competitividade, também potencializa ganhos em inovação tecnológica tanto em uso quanto na produção de produtos relacionados ao mercado de eficiência energética.

---

# Setor de Transportes

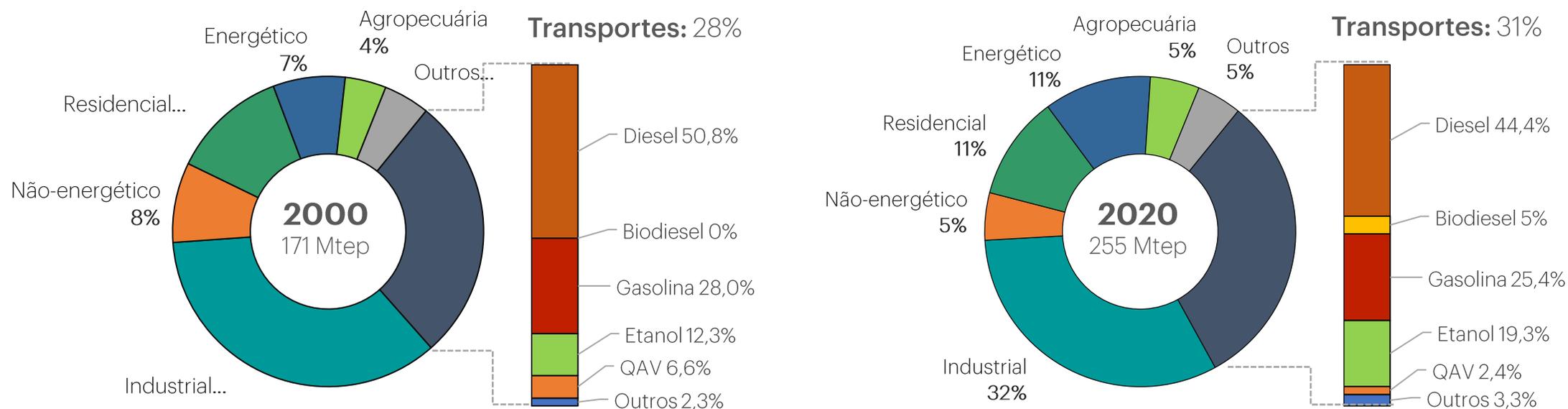
---

## Evolução da participação do consumo energético do Setor de Transportes

Em 2020, o consumo energético nacional caiu 2,0% em relação à 2019, taxa inferior à redução do PIB, 4,1%. Os efeitos da pandemia de Covid-19 refletiu no desempenho dos diversos setores de forma intensiva. Porém, muitos se recuperaram rapidamente, em especial o alimentício, os voltados à exportação, e o transporte de cargas. No que tange ao setor de transporte, houve decréscimo de 6,4%, sendo que a parcela relativa a passageiros continuou reduzida na maior parte do ano, o que explica a perda de participação do setor de transportes total de 33% em 2019 para 31% em 2020.

Figura 33 – Consumo final e do setor de transportes no Brasil em 2000 e 2020

Fonte: Elaborado por EPE, a partir de dados da EPE (2021b)



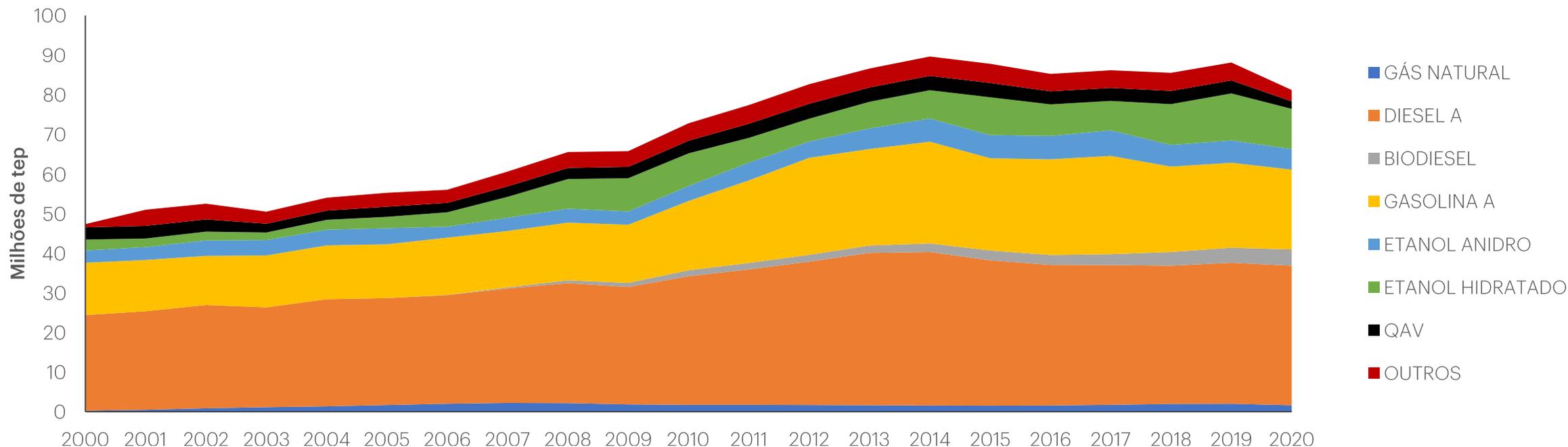
## Evolução da participação do consumo energético do Setor de Transportes

O setor de transportes cresceu 2,9% ao ano entre 2000 e 2020, quando foi observado incremento do transporte de passageiros e de cargas, devido ao aumento do consumo de bens, da mobilidade da população, da produção agropecuária e industrial. No mesmo período o consumo energético nacional cresce 2,2% ao ano, em linha com o crescimento do PIB, que foi de 2,0% ao ano.

Os setores aéreo e de transporte de passageiros foram atingidos de forma particularmente intensa, o que explica a queda de participação do QAV, da gasolina e do etanol, de 2019 a 2020. Apesar disso, quando comparado ao ano de 2000, o transporte individual de passageiros ganhou relevância ao longo do período, fomentado especialmente pelo aumento da produção de etanol.

Figura 34 – Consumo do setor de transportes por fonte de energia (milhões tep)

Fonte: Elaborado por EPE, a partir de dados da EPE (2021b)

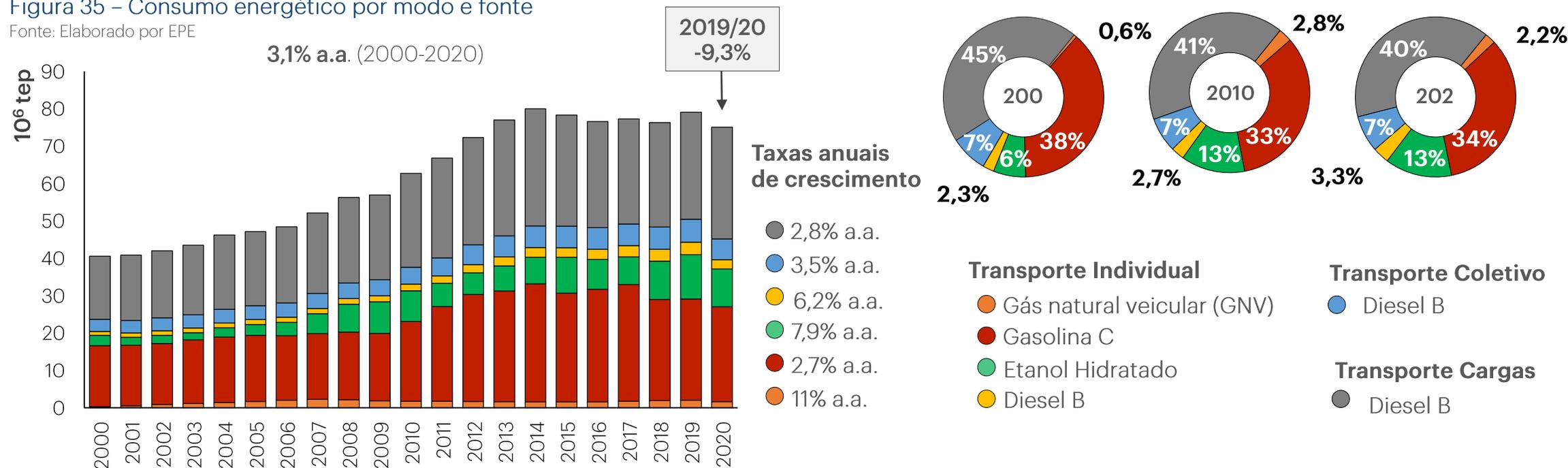


## Evolução do consumo energético rodoviário

Entre 2000 e 2020, a demanda do transporte de passageiros aumentou em 3,3% a.a., e a do transporte de cargas cresceu 2,9% a.a.. O avanço maior do transporte individual reduziu potenciais ganhos de eficiência sistêmicos obtidos através do transporte coletivo. Em 2020, a demanda do transporte de passageiros caiu 10,4%, enquanto a demanda do transporte de cargas aumentou em 4,5%.

Figura 35 – Consumo energético por modo e fonte

Fonte: Elaborado por EPE



Destaca-se o crescimento da participação do GNV e do etanol hidratado como fontes energéticas na matriz de transporte rodoviário. Ambos têm um consumo específico maior do que os veículos a gasolina, e por isso limitaram os ganhos de eficiência do setor. Porém, reduziram as emissões do transporte e as importações de combustíveis fósseis pelo Brasil. Em 2020, tanto o GNV quanto o etanol hidratado apresentaram quedas de 17,5% e 14,7% comparados a 2019, respectivamente, e perderam participação na matriz frente à gasolina, cuja demanda reduziu 6,4%. Estima-se que haja uma reversão dessa recente perda de participação.

## Transporte de Passageiros

O transporte individual ganhou importância ao longo da primeira década dos anos 2000, em linha com uma maior distribuição de renda, e em detrimento da eficiência total do setor. A redução da eficiência se intensificou em 2020, com diminuição do uso do transporte coletivo e parcialmente atenuado com o declínio do transporte aéreo, mais energointensivo.

- A eficiência no modo aéreo aumentou ao longo das últimas duas décadas. No entanto, em 2020, a redução de atividade e de ocupação de aeronaves impactou esse indicador. O decréscimo foi mitigado devido cancelamento de voos mais longos e de voos com menor demanda e ocupação.
- A participação do modo metroferroviário cresceu ao longo dos anos com a entrada de novos projetos de infraestrutura. A pandemia, contudo, desincentivou o uso desse modo, especialmente devido ao teletrabalho e aumento do desemprego. Isso deve se reverter com a normalização da situação sanitária.
- Nos últimos anos, o modo rodoviário coletivo ficou menos eficiente com a introdução do biodiesel e com o crescente uso de ar condicionado na frota das grandes cidades. Ao longo de 2020, o menor uso desse modo provocou um aumento da intensidade energética, condição que começou a ser revertida no final do ano.
- A intensidade energética total do transporte de passageiros diminuiu em 2020 com o aumento do transporte individual frente ao coletivo. Para melhora desse indicador no futuro, incentivos ao uso do transporte coletivo precisam ser priorizados.

Figura 36 – Intensidade energética por modo [tep/(10<sup>6</sup> p.km)]

Fonte: Elaborado por EPE

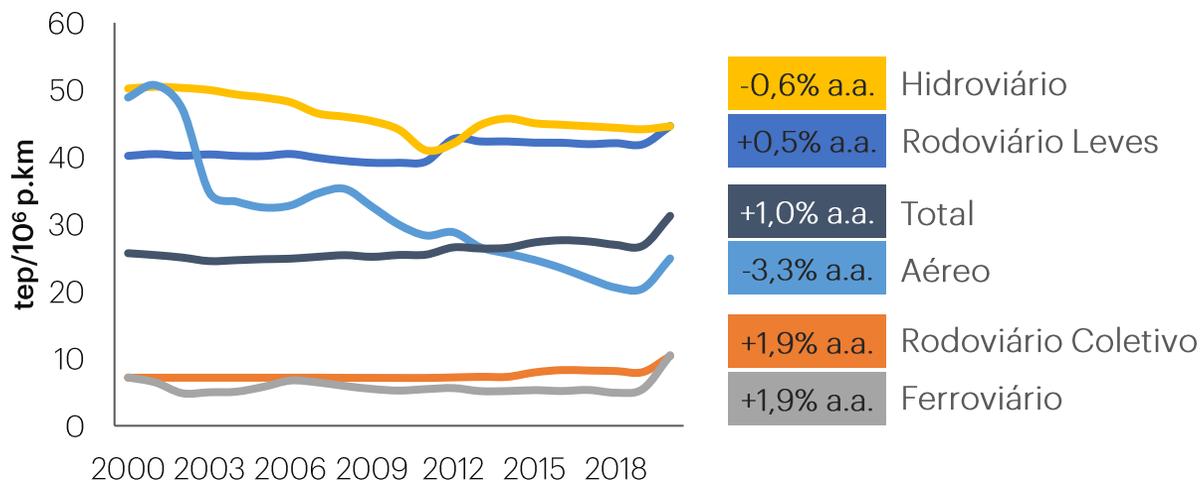
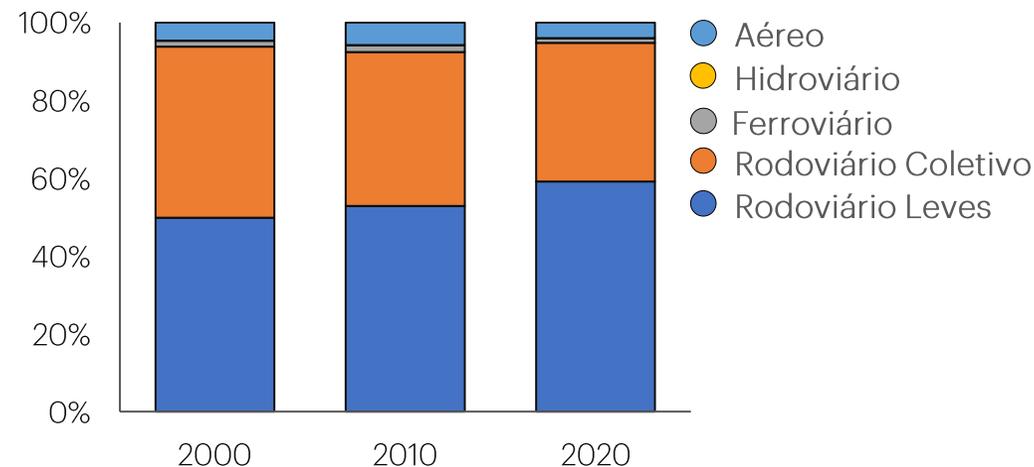


Figura 37 – Atividade por modo [p.km]

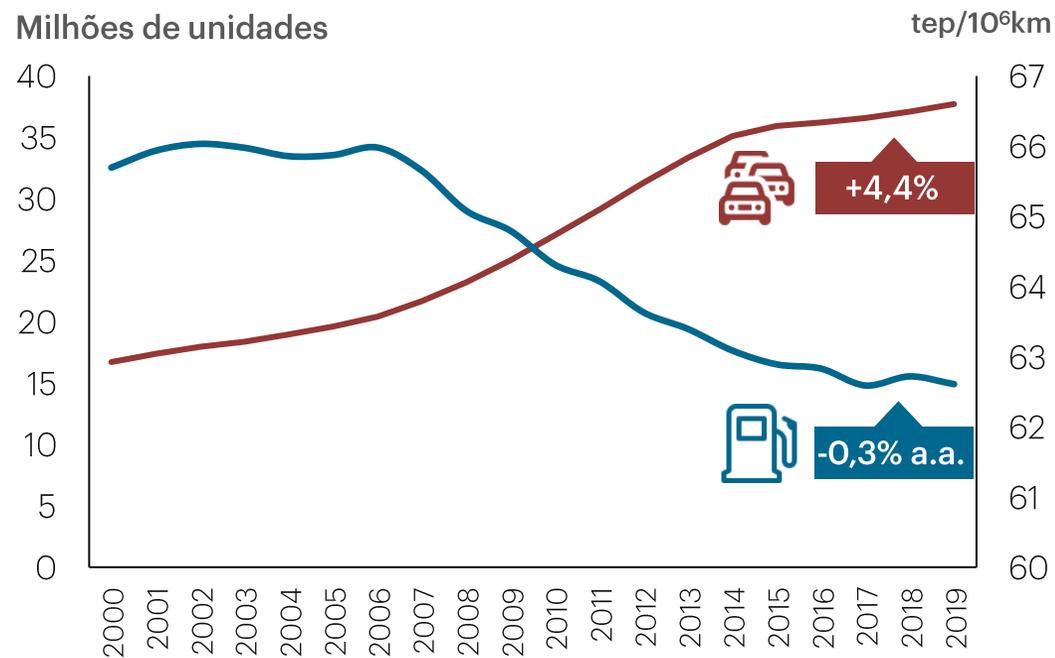
Fonte: Elaborado por EPE



## Transporte individual de passageiros

Figura 38 – Frota de automóveis e consumo específico de 2000 a 2019

Fonte: Elaborado por EPE

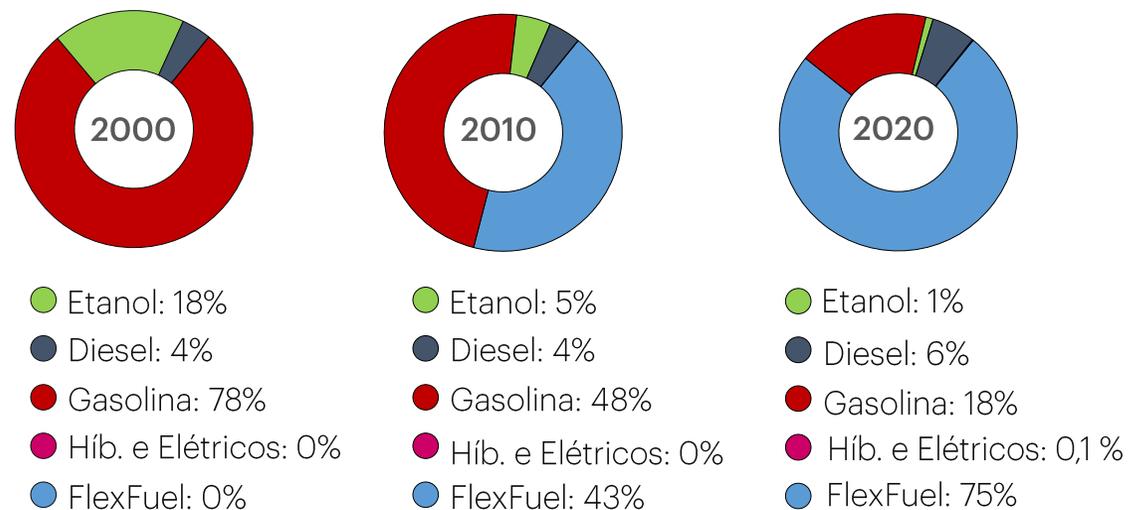


A venda de automóveis acompanhou o crescimento da renda *per capita* brasileira ao longo da década de 2000.

O Programa Brasileiro de Etiquetagem veicular, Inovar Auto e Rota 2030 promoveram a melhoria da eficiência energética dos motores de veículos novos.

Figura 39 – Frota de leves por tipo de motorização em anos selecionados

Fonte: Elaborado por EPE



A partir de 2003, a entrada dos veículos *flex fuel* trouxe a possibilidade da escolha entre etanol hidratado ou gasolina C no momento do abastecimento. Sua participação na frota avançou rapidamente, o que teve influência na eficiência média da frota de leves, uma vez que estes apresentavam eficiência inferior aos análogos dedicados. O aumento do licenciamento de comerciais leves esportivos (SUVs) também elevou o consumo específico da frota, por serem veículos menos eficientes.

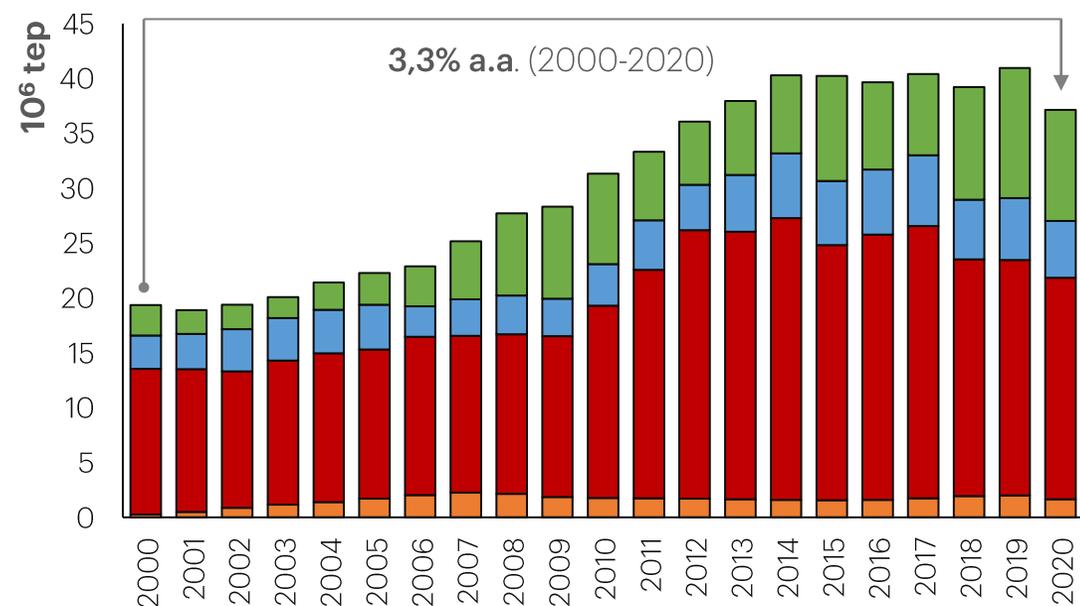
Em 2020 foi observada uma retração de 27% no licenciamento de veículos leves em relação a 2019. Para os veículos híbridos/elétricos, o aumento foi de 67% nesse mesmo período.

## Ciclo Otto e o transporte rodoviário individual

A disseminação da frota de veículos flexfuel permitiu o aumento da demanda por etanol hidratado.

Figura 40 – Consumo energético por fonte

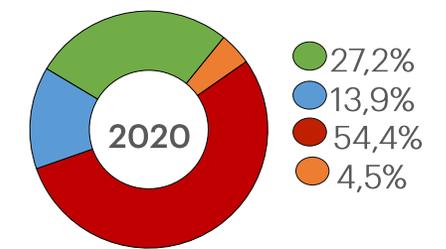
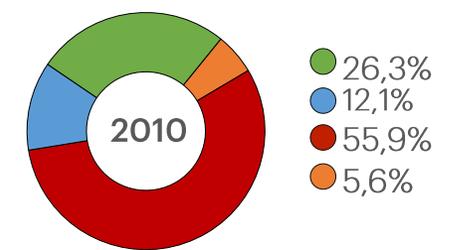
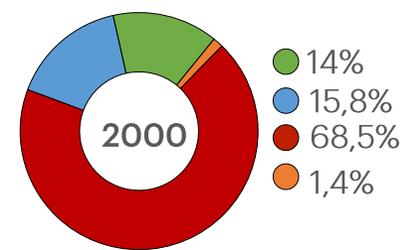
Fonte: Elaborado por EPE



2019/20  
-9,3%

**Taxas anuais de crescimento 2000-2020**

- Etanol Hidratado: 6,7% a.a.
- Etanol Anidro: 2,7% a.a.
- Gasolina A: 2,1% a.a.
- Gás Natural Veicular (GNV): 9,4% a.a.



Em 2020, a pandemia e as medidas de restrição à mobilidade causaram uma redução significativa da demanda de transporte por todos os modos, inclusive no transporte individual. A demanda por gasolina se retraiu em 6,4% no ano e o etanol hidratado teve uma queda ainda mais significativa, de 14,7%, com redução do ciclo Otto em 9,3% no ano. A oferta de etanol foi muito impactada pela alta dos preços do açúcar e do câmbio, havendo aumento da atratividade da produção e exportação de açúcar, o que fez com que usinas reduzissem a produção de etanol, com diminuição da oferta. Com o retorno de maior mobilidade, as vendas de gasolina C aumentaram em função da menor competitividade do etanol hidratado nos postos.

## Transporte de Cargas

Entre 2000 e 2020, o transporte hidroviário e ferroviário cresceram 5,0% ao ano e 4,2% ao ano, respectivamente, mais que duplicando sua magnitude na atividade do País, melhorando a eficiência do setor como um todo (eficiência sistêmica). O transporte aquaviário cresceu 10,6%, com a pandemia favorecendo a cabotagem, e com o aumento das exportações agrícolas pelo Arco Norte.

Apesar disso, o modo rodoviário ganhou importância no período. Dado o crescimento do consumo de produtos agropecuários e da construção civil e a dependência do transporte rodoviário, o modo cresceu 5,4% ao ano. O modo teve perdas devido a restrições de mobilidade no começo da pandemia. Mas, sua recuperação ocorreu rapidamente, especialmente com o aumento da produção agrícola, das exportações, e do comércio eletrônico pela população. A atividade do transporte rodoviário aumentou 6,2% em 2020.

Apesar do aumento da atividade, destaca-se o aumento da eficiência energética do transporte rodoviário, que decorre do aumento da frota de caminhões com tecnologias mais modernas, tanto no começo da década, quanto no último ano, além de obras em rodovias.

O aumento do transporte de produtos não minerais ou agrícolas e a containerização da carga reduziram a intensidade energética do modo ferroviário.

Figura 41 – Intensidade energética por modo [tep/(10<sup>6</sup> t.km)]

Fonte: Elaborado por EPE

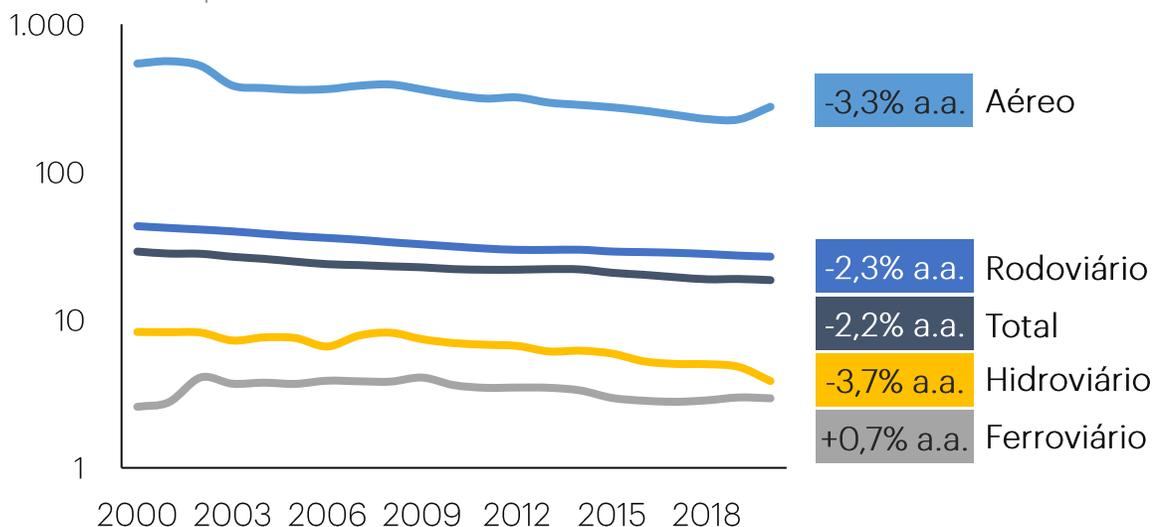
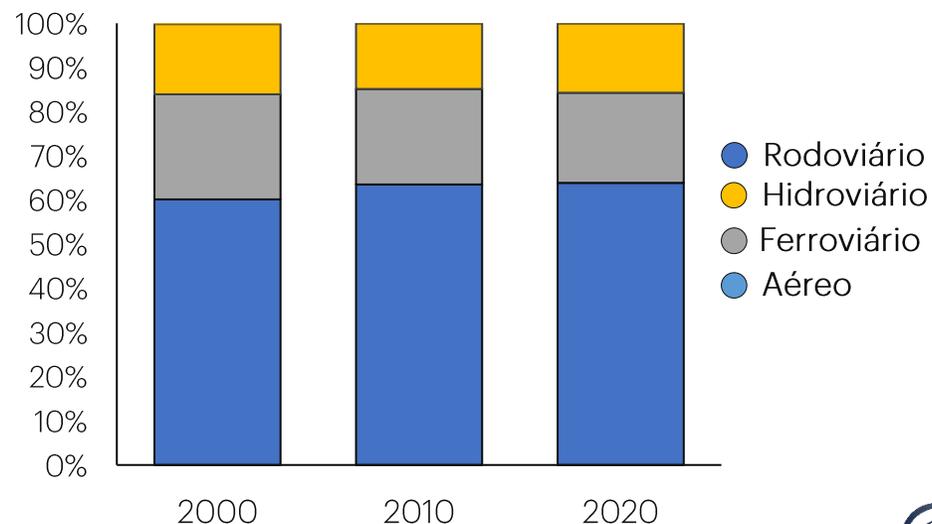


Figura 42 – Atividade por modo [t.km]

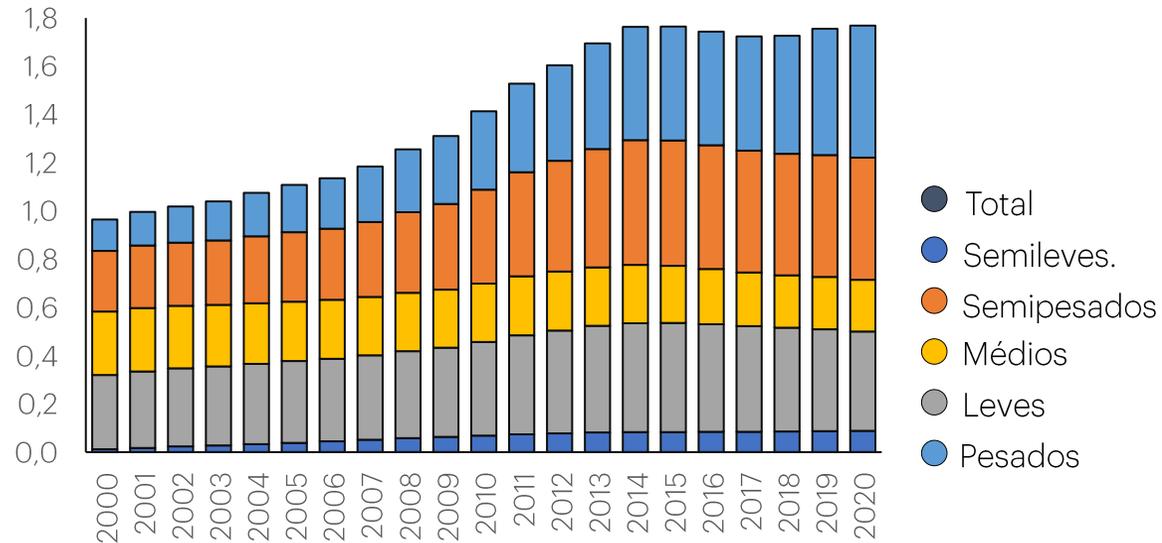
Fonte: Elaborado por EPE



## Transporte rodoviário de cargas

Figura 43 – Frota de caminhões por categoria (milhões de unidades)

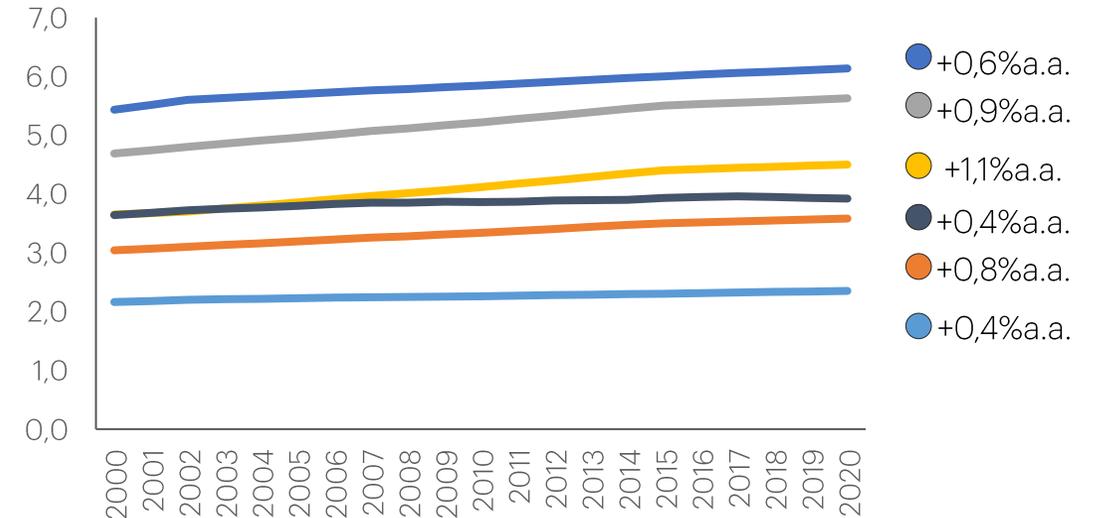
Fonte: Elaborado por EPE



A frota de caminhões cresceu ao longo dos primeiros 15 anos do século, ficando estagnada desde o início da crise ao final de 2014. No entanto, a expansão da produção agrícola e protestos por caminhoneiros autônomos fizeram as vendas, especialmente de veículos pesados por empresas de transporte, voltarem a patamares recordes em 2019. A produção de grãos aumentou 4,2% em 2019/20 e 4,7% em 2020/21. Mesmo com os efeitos da pandemia interrompendo as linhas de montagem, em 2020, aproximadamente 90 mil caminhões foram licenciados.

Figura 44 – Eficiência energética média de veículos novos vendidos (com carga) [km/l]

Fonte: Elaborado por EPE



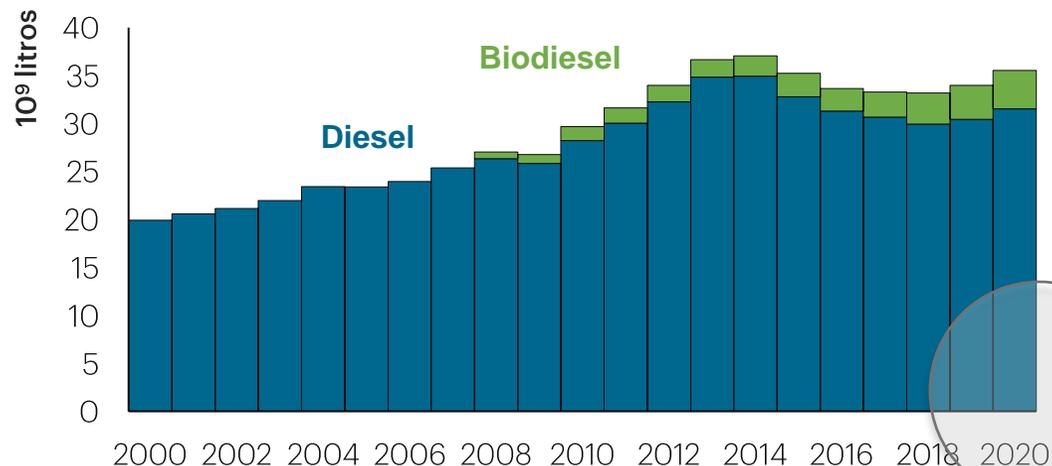
A introdução de novas fases do Programa de Controle de Emissões Veiculares (Proconve) estimulou a adoção de motores mais eficientes para atendimento aos novos limites de emissão.

Em termos de km/l, apesar de um aumento de 15% na capacidade de carga útil de caminhões novos vendidos entre 2003 e 2020, a eficiência de caminhões pesados teve incremento pouco significativo. Em 2020, a capacidade média dos caminhões vendidos foi de 30 toneladas contra um histórico de 26 toneladas, realizado de em 2003.

## Consumo de diesel e biodiesel

Figura 45 – Consumo de diesel e biodiesel por caminhões (10<sup>9</sup> litros)

Fonte: Elaborado por EPE



A demanda de óleo diesel por caminhões cresceu 2,8% ao ano entre 2000 e 2019. E apesar da pandemia, que reduziu a produção industrial e o consumo, e restringiu a livre circulação de caminhoneiros no princípio da pandemia, a demanda de diesel por caminhões registrou aumento de 4,6% em 2020 em relação a 2019. A elevação da mistura obrigatória de biodiesel no diesel B em 2020 proporcionou um aumento de sua demanda de 8,4%, quando comparado a 2019, o que acarretou no crescimento da demanda de diesel mineral de apenas 3,6%. O menor conteúdo energético do biodiesel, comparado ao diesel, proporciona uma leve redução na quilometragem rodada por veículo com o mesmo volume de diesel B. No entanto, os ganhos ambientais e a eficiência de caminhões novos, especialmente os pesados vendidos em 2020, compensam essa ligeira queda no conteúdo energético.

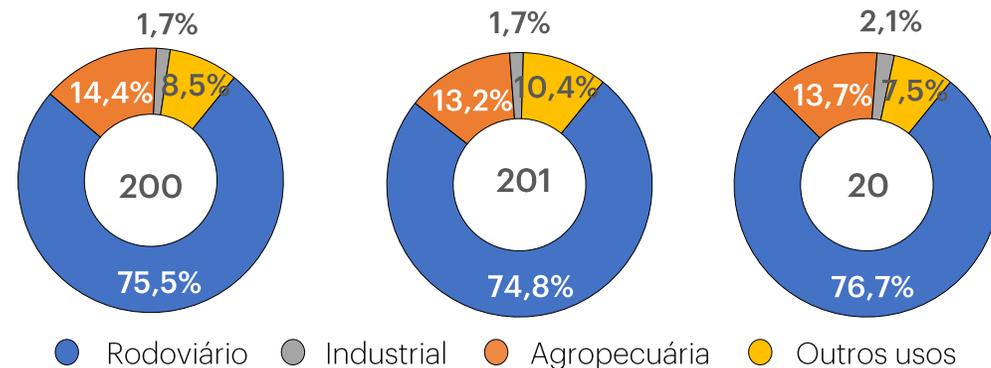
Figura 46 – Evolução do consumo de biodiesel e seus percentuais médios de adição no ano

Fonte: Elaborado por EPE



\* Como medida preventiva para a garantia do abastecimento do mercado interno, a ANP realizou três reduções temporárias de percentual mandatório, ao longo de 2020. Estas ações também foram necessárias no ano de 2021.

Divisão setorial do uso de óleo diesel



## Considerações Finais do Setor de Transportes



Em virtude da pandemia, o setor de transportes perdeu o posto de maior consumidor de energia do país para o setor industrial em 2020. No entanto, ao final deste ano, a demanda de diesel retornou aos valores pré-pandemia e as demandas de gasolina C e QAV (em franca expansão com o fim das restrições à mobilidade) puderam levar o consumo de derivados para patamares acima dos registrados antes da pandemia.



A demanda energética do transporte de passageiros é predominantemente associada ao consumo de combustíveis dos automóveis. No primeiro semestre de 2020, a pandemia reduziu significativamente a movimentação de pessoas. Porém, no final do ano, a demanda pelo transporte individual voltou aos valores históricos, apesar de muitos ainda estarem trabalhando de forma remota ou híbrida. Neste ano, foi observada uma retração de 27% no licenciamento de veículos leves, sendo que os veículos híbridos/elétricos aumentaram 67%.



Em 2020 a participação no ciclo Otto da gasolina A subiu de 52,4% para 54,2%, com o etanol hidratado caindo de 28,9% para 27,2%. A justificativa se deu, sobretudo, pelo aumento da atratividade do açúcar no mercado internacional e variação do preço spot do Brent que, dentre outros fatores, resultaram em um aumento da relação PE/PG.



Ao longo dos anos, o transporte rodoviário tem sido preponderante na matriz de transportes brasileira. Apesar de aumentos da atividade deste setor, a partir do uso dos modos ferroviário e aquaviário, com melhoria na eficiência sistêmica, a maior parte do aumento da carga transportada tem sido movimentada pelo modo rodoviário. O incremento das exportações e do comércio eletrônico promoveram ainda mais o uso de caminhões, havendo desdobramentos para a operação logística e economia do País.



A participação obrigatória do biodiesel no diesel B permitiu que a elevação de sua demanda fosse, em grande parte, suprida pelo biocombustível, a despeito de uma menor intensidade energética. Ademais, a eficiência da frota de caminhões melhorou em 2020, devido ao aumento de vendas de caminhões pesados novos e mais eficientes do que a média brasileira.

---

## **Capítulo especial sobre o Transporte rodoviário de Cargas e a comparação do caso brasileiro com países selecionados**

---

## Introdução

A eficiência energética do setor de transportes é uma ferramenta essencial para redução de emissões e da poluição do ar, e faz parte de um pacote de medidas de sustentabilidade, incluindo a transferência modal e o uso de combustíveis alternativos.

O setor de transportes é responsável por 31% do consumo final de energia no Brasil (EPE, 2021a), e sua demanda está ligada a aspectos ambientais, socioeconômicos e tecnológicos. O transporte de cargas representa aproximadamente 40% desta demanda energética e ocorre principalmente pelo uso do modo rodoviário. Entre 2005 e 2018, o crescimento da frota de caminhões, a uma taxa de 3,5% ao ano, elevou o consumo de diesel de 20 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep) para 30 milhões de tep, um aumento de 3,2% ao ano. Em São Paulo, mais de 60% dos principais poluentes atmosféricos (PM, NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub>) são oriundos dos veículos de carga (São Paulo, 2017).

Esse capítulo objetiva apresentar o setor de transportes no Brasil, a evolução do transporte rodoviário nacional, sua importância, e os diversos motivos que explicam a dependência significativa desse modo e sua elevada participação na matriz de transporte no País. O Brasil é então comparado com outros países através de indicadores chave, com exemplos oferecidos de tecnologia de ponta e opções políticas para avançar na eficiência energética, mitigação de emissões e melhoria da qualidade do ar do setor.

## Consumo energético do transporte de cargas no Brasil

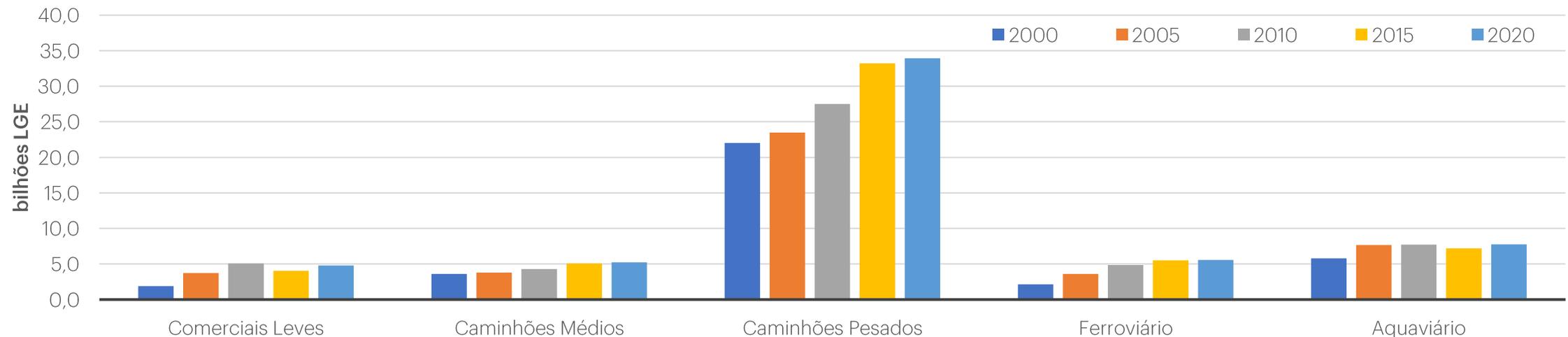
No Brasil, os caminhões pesados tem papel significativo e foram responsáveis pela maior parte do aumento no consumo de energia do setor de transportes, representando um incremento de 219%, entre 2000 e 2020.

### Este aumento no consumo energético de caminhões pesados no Brasil foi reflexo de:

- um intenso período de crescimento econômico entre 2000 e 2015, onde o consumo doméstico também aumentou significativamente;
- um forte *boom* de *commodities* que favoreceu os setores agrícola e de mineração, com destaque para a agricultura em 2019 e 2020;
- a localização dos polos de produção das *commodities* mais representativas, que normalmente estão situadas no coração do Brasil, o que resulta no transporte de produtos por longas distâncias.

Figura 47 – Consumo energético no transporte de cargas, por modo, no Brasil

Fonte: IEA, (2021a). Todos os direitos reservados.



## Matriz de transporte de cargas no mundo

No Brasil, os caminhões pesados são responsáveis por aproximadamente 27% do total de toneladas-km e 60% do consumo de energia do frete. Em outros países, a proporção de energia utilizada por caminhões pesados tende a ser menor.

O significativo uso do transporte rodoviário e em veículos conjuntamente com o menor estímulo ao uso de ferrovias são resultados de seu processo de industrialização. Durante a maior parte da segunda metade do século 20, o setor automotivo recebeu incentivos para atração de fabricantes. Este processo incluiu investimentos na rede rodoviária, em detrimento de outros modos de transporte. Nas últimas duas décadas, houve mudança neste cenário, havendo atualmente uma ênfase na atração de investimentos privados em concessões para ferrovias e portos para aumentar o uso destes modos.

Comparando-se as intensidades energéticas dos diferentes modos de transporte entre os países, o Brasil apresenta a menor diferença entre a eficiência rodoviária e ferroviária. Este aspecto reflete o fato de que, historicamente, os esforços para ganho de eficiência energética no País têm se concentrado no transporte rodoviário em detrimento do ferroviário.

Figura 48 – Participação do consumo energético do transporte de carga (bilhões de litros de gasolina equivalente), por modo, em 2020

Fonte: IEA (2021a). Todos os direitos reservados.

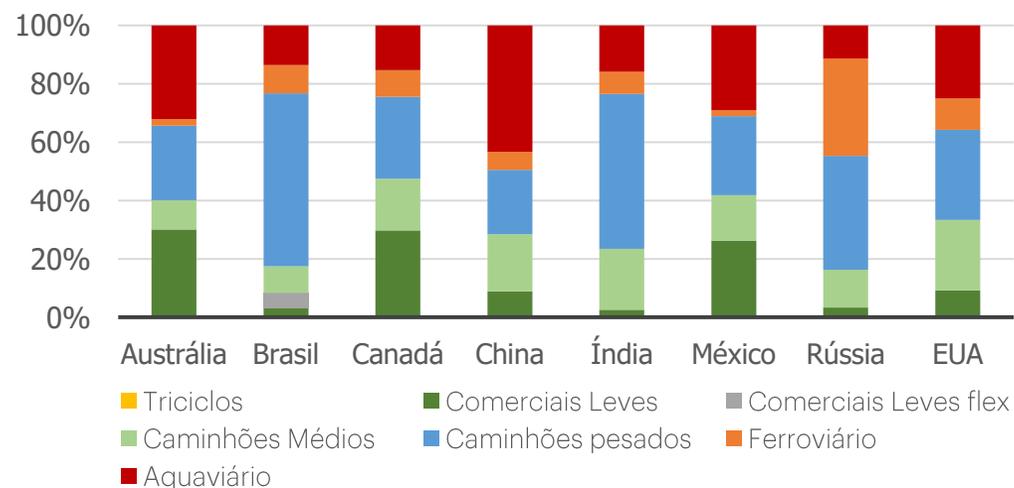
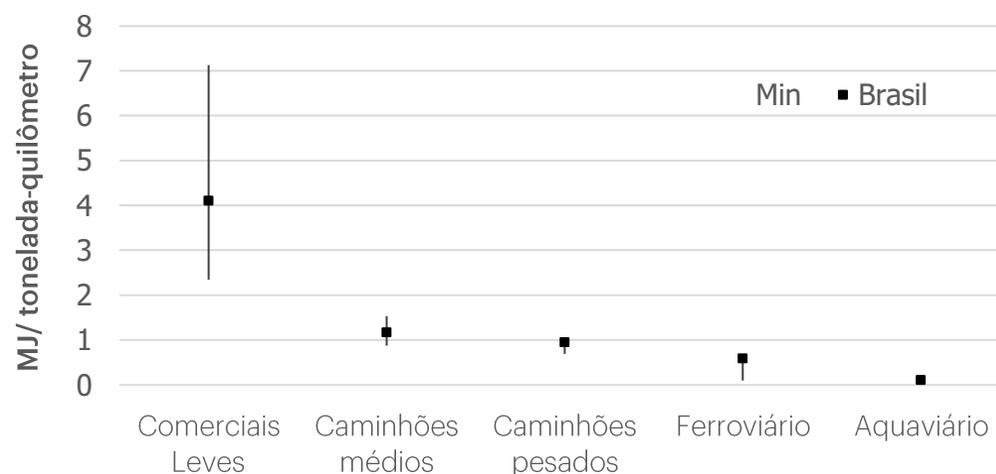


Figura 49 – Dispersão de intensidades energéticas do transporte de cargas para países selecionados

Fonte: IEA, (2021a). Todos os direitos reservados.



## Tamanhos e tipos de caminhões no mundo

O Brasil tem os maiores e mais pesados caminhões do mundo. Os rodotrens brasileiros têm um peso bruto combinado de 74 toneladas, até nove eixos e um comprimento de 25 metros a 30 metros. Em 2016, o Brasil aprovou o uso de caminhões de até 91 toneladas, com autorizações especiais. Nos Estados Unidos, as limitações de tamanho dos caminhões em âmbito federal podem ser mais restritivas, sendo que estas se aplicam às rodovias interestaduais, vias onde ocorre a maior parte da movimentação para transporte de cargas.

Tabela 1 – Limites de peso em países selecionados

Fontes: Unescap, Comt, 2019. ITF, 2019. NHVR, IEA, 2017.

País	Veículos articulados com 5 ou mais eixos	
	Peso (t)	Comprimento (m)
<b>Argentina</b>		
<b>Australia</b>	75	25.25
<b>Brazil</b>	122.5	≤ 53.5
<b>Canada</b>	74/91	30
<b>China</b>	62.5	27.5
<b>India</b>	49	20
<b>Mexico</b>	55	
<b>Russia</b>	47.5	23
<b>USA</b>	44	20
<b>Argentina</b>	40	

Figura 50 – Regulamentação de Veículos Pesados em Luz

Fonte: [www.luz.mg.gov.br](http://www.luz.mg.gov.br)



## Eficiência de caminhões novos

O aumento no consumo energético no transporte de carga ocorreu apesar das melhorias na capacidade de carga útil, que aumentou 15%, entre 2003 e 2020, trazendo maiores ganhos de eficiência em termos de toneladas-km transportadas. A eficiência energética média dos veículos novos vendidos (km/l) também cresceu. Neste período, a eficiência dos caminhões pesados aumentou 0,6% ao ano, enquanto a dos caminhões semi-pesados 0,7% ao ano. É importante notar que, no que tange às definições e categorização, a EPE quantifica o uso de veículos pesados e semi-pesados de forma equivalente ao uso de veículos pesados pela IEA.

Figura 51 – Eficiência energética média dos veículos novos vendidos (carregados) em km/l

Fonte: Elaborado por EPE

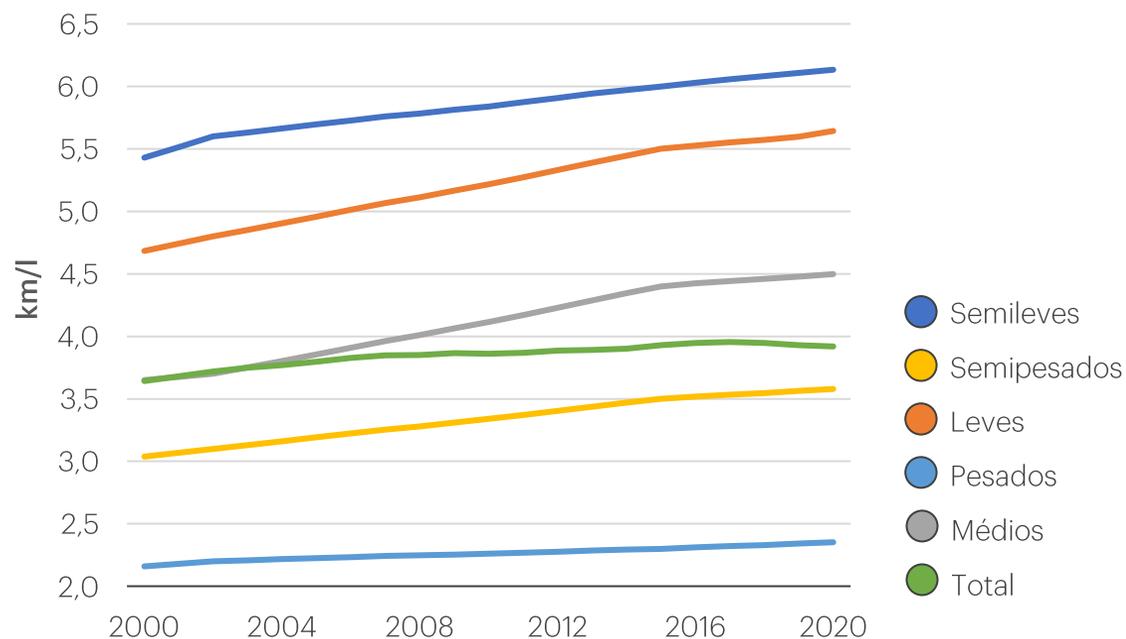
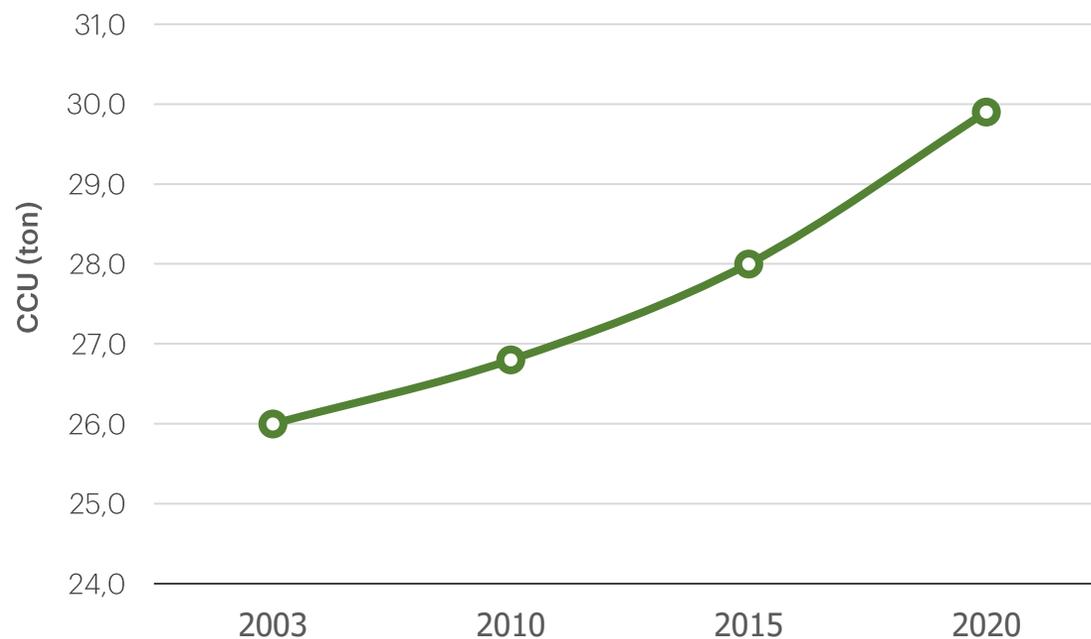


Figura 52 – Caminhões pesados - capacidade de carga útil (CCU) média

Fonte: Elaborado por EPE



## Idade média de veículos em diferentes países

Em termos de economia de combustível, a idade dos veículos também pode desempenhar um papel crucial no cômputo da eficiência da frota. Normalmente, os veículos mais antigos são menos eficientes e mais poluentes. Comparativamente a outros países, a idade média dos veículos quando sucateados no Brasil é semelhante a do México, inferior a da China e Índia, e superior a do Canadá e EUA. É importante citar que a idade média pode ocultar variações. Na distribuição da frota, por idade, de 2000 a 2020, nota-se que na frota brasileira estimada de caminhões ativos, 6,1% representam caminhões com mais de 30 anos de idade.

Figura 53 – Idade média dos veículos quando sucateados (anos)

Fontes: IEA, (2021a). Todos os direitos reservados

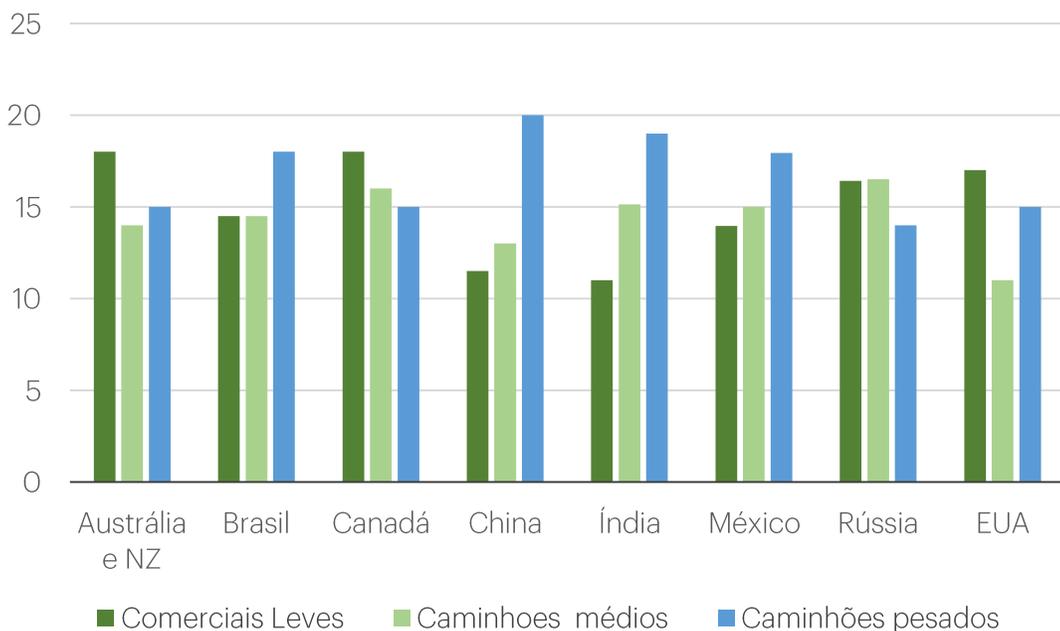
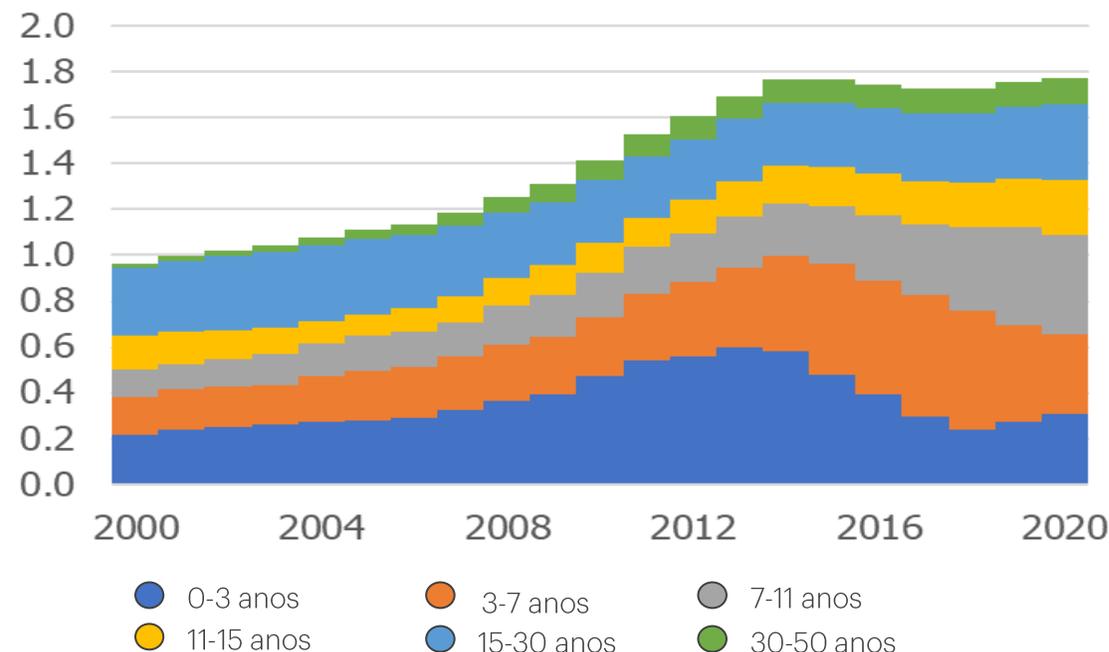


Figura 54 – Frota de caminhões estimada por idade do veículo (milhões de unidades)

Fonte: Elaborado por EPE



## A geografia brasileira e o seu impacto sobre o transporte de cargas

A produção das mercadorias podem ser ancoradas geograficamente, o que, por sua vez, influencia as distâncias percorridas para escoamento dos produtos.

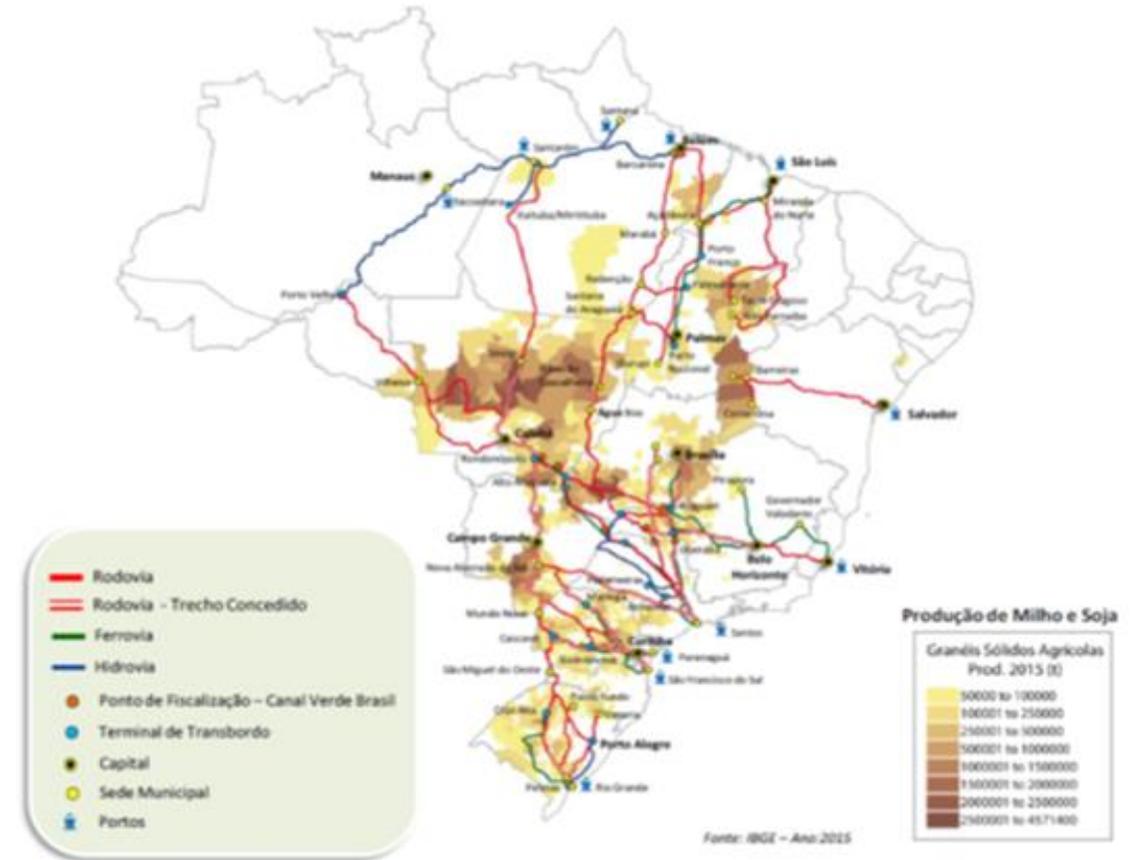
No caso da soja, *commodity* que representa mais de 11% das exportações comerciais do Brasil e cuja produção é interiorizada, resultando em movimentação por elevadas distâncias até os portos de exportação.

Sua produção de soja no Mato Grosso está estabelecida em Sorriso, cidade localizada a 2.200 km do Porto de Paranaguá (principal porto de exportação de soja do Brasil) e a 1.300 km do nó ferroviário mais próximo. Para fins de comparação, a rodovia que liga o Estado de Mato Grosso aos rios Amazônicos (BR-163), que são utilizados como vias fluviais, teve sua pavimentação concluída no final de 2019 e desde então, o tempo para um caminhão atravessar os 936 km finais da estrada foi reduzido de uma média de 10 dias para 4 dias.

Os custos operacionais de frete também foram reduzidos em 13% (Brasil, 2020e). Este exemplo destaca as diferenças e oportunidades apresentadas pelo uso de outros modos.

Figura 55 – Produção de soja no Brasil, por município, e infraestrutura de transporte

Fonte: Brasil (2017c)



## Investimentos em infraestrutura em diferentes países

No que tange aos investimentos em infraestrutura, que impactam a eficiência da matriz de transporte, os gastos de cada país diferem significativamente e ao longo do tempo. A Rússia, onde a ferrovia desempenha um papel fundamental na matriz de transporte, tem uma grande parcela dos gastos com infraestrutura ferroviária. No Brasil, investimentos no modo ferroviário (transporte de passageiros e de carga) têm aumentando desde 2010. No entanto, com o fim dos contratos de concessão em perspectiva, diversas empresas deixaram de investir, o que explica a diminuição a partir de 2015. Muitas concessões foram renovadas em 2020, o que explica em parte as previsões favoráveis para o setor.

Cabe destacar, a partir da observação das figuras apresentadas, que o Brasil não é contemplado ao lado de outros países, uma vez que os dados sobre os gastos com infraestrutura ferroviária nacional provêm de uma fonte distinta. Os dados da OCDE incluem gastos com novas construções de transporte e com a melhoria da rede existente.

Figura 56 – Proporção dos gastos com infraestrutura ferroviária (rodoviária e ferroviária) – Brasil

Fonte: CNT (2021)

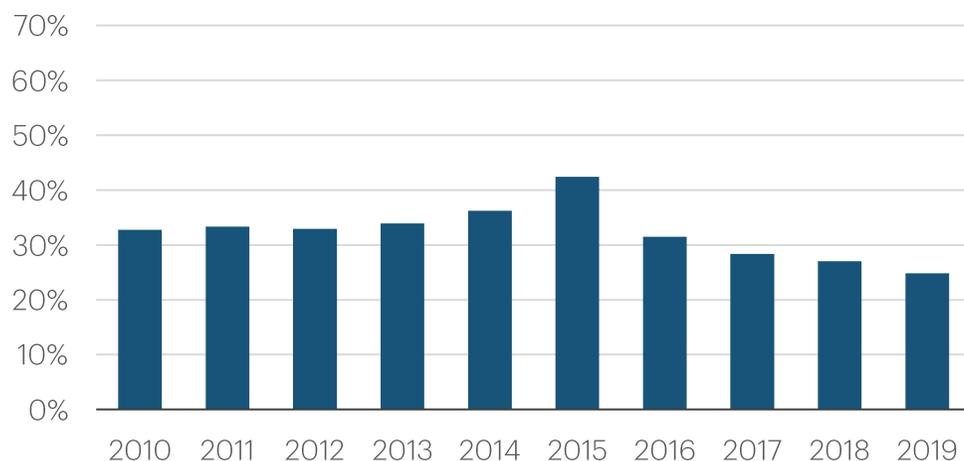
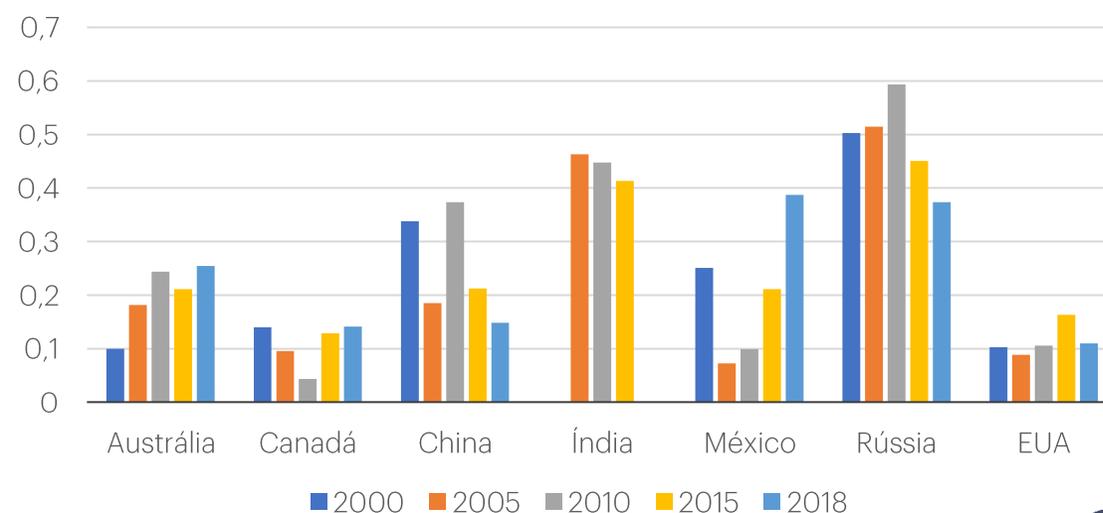


Figura 57 – Proporção dos gastos com infraestrutura ferroviária (rodoviária e ferroviária)

Fonte: OCDE (2021)



## Qualidade de rodovias e seu impacto sobre a eficiência

Globalmente, o Brasil está em 103º lugar entre 137 países no que se refere à qualidade das estradas (WEF, 2017). Comparativamente, os EUA estão em 10º lugar, o México em 52º e a Rússia em 114º. A pontuação do Brasil é de 3,1, com a escala variando de 1 (extremamente ruim) para 7 (extremamente bom). A pontuação dos EUA é 5,7, do México é 4,4 e da Rússia é 2,9. No entanto, a qualidade das estradas brasileiras têm melhorado consideravelmente ao longo dos últimos anos.

A qualidade das estradas pode influenciar diretamente no consumo de combustível dos veículos. Estudos mostram que o consumo de combustível pode aumentar entre 2,5% (MIT, 2018) a 5% (Bartholomeu, 2006). Assim, é relevante avaliar os impactos de diferentes tipos de carga na redução da qualidade das rodovias e ações para sua manutenção e melhorias.

Figura 58 – Ranking e Classificação de Qualidade Rodoviária em 2017

Fontes: World Economic Forum (2017).

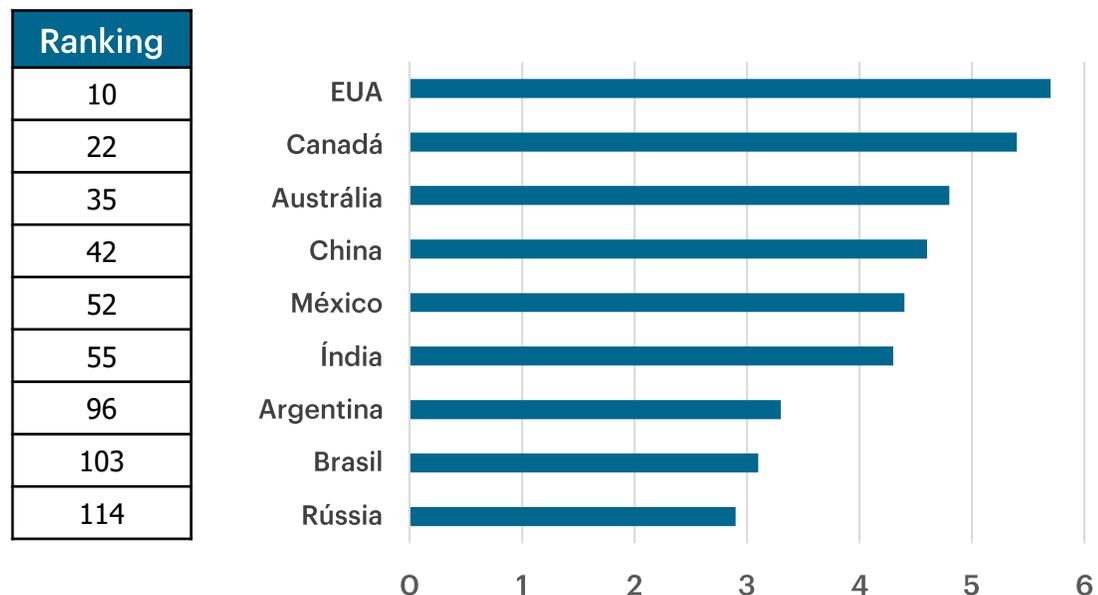


Figura 59 – Tráfego interrompido pelo mau tempo

Fonte: Agência Brasil (2019)

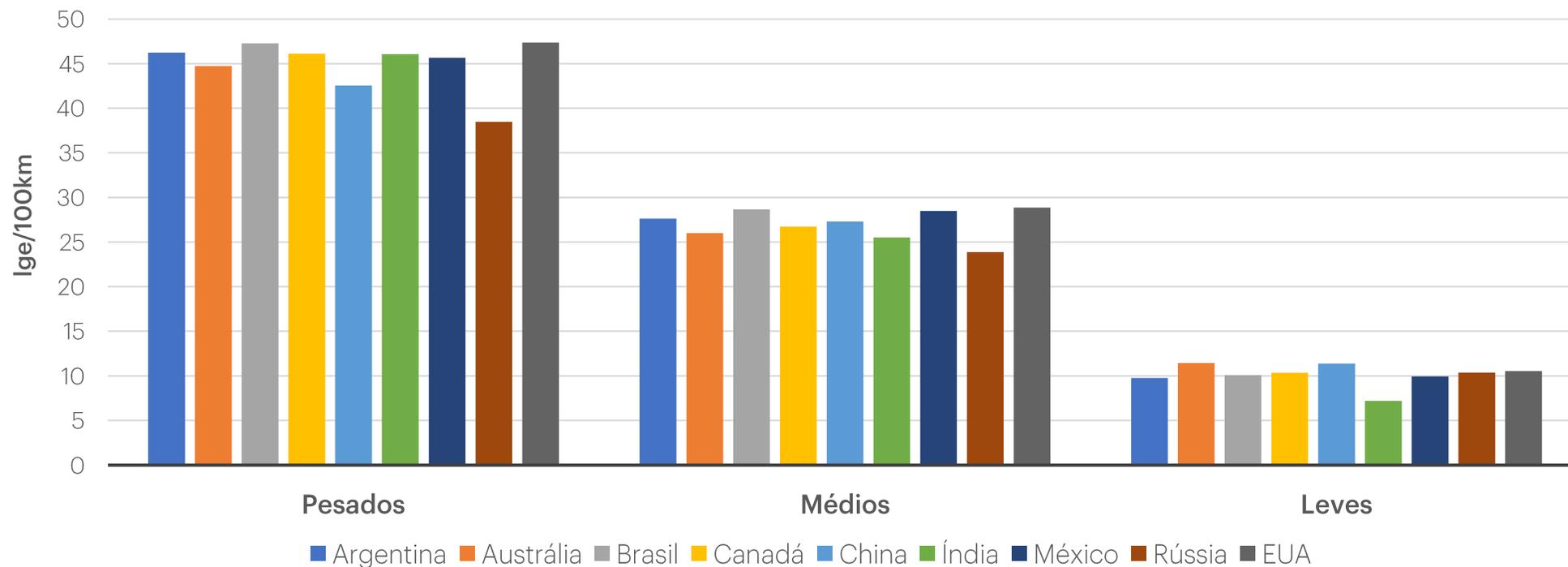


## Consumo específico de caminhões em diferentes países

O Brasil possui um dos maiores consumos de combustível, em litros de gasolina equivalente (lge)/100km, para caminhões pesados e médios, como reflexo da qualidade das estradas, características e magnitudes das cargas transportadas, tamanho e tipo de veículo. Para veículos leves, o consumo energético do Brasil apresenta valor intermediário, comparativamente aos de outros países.

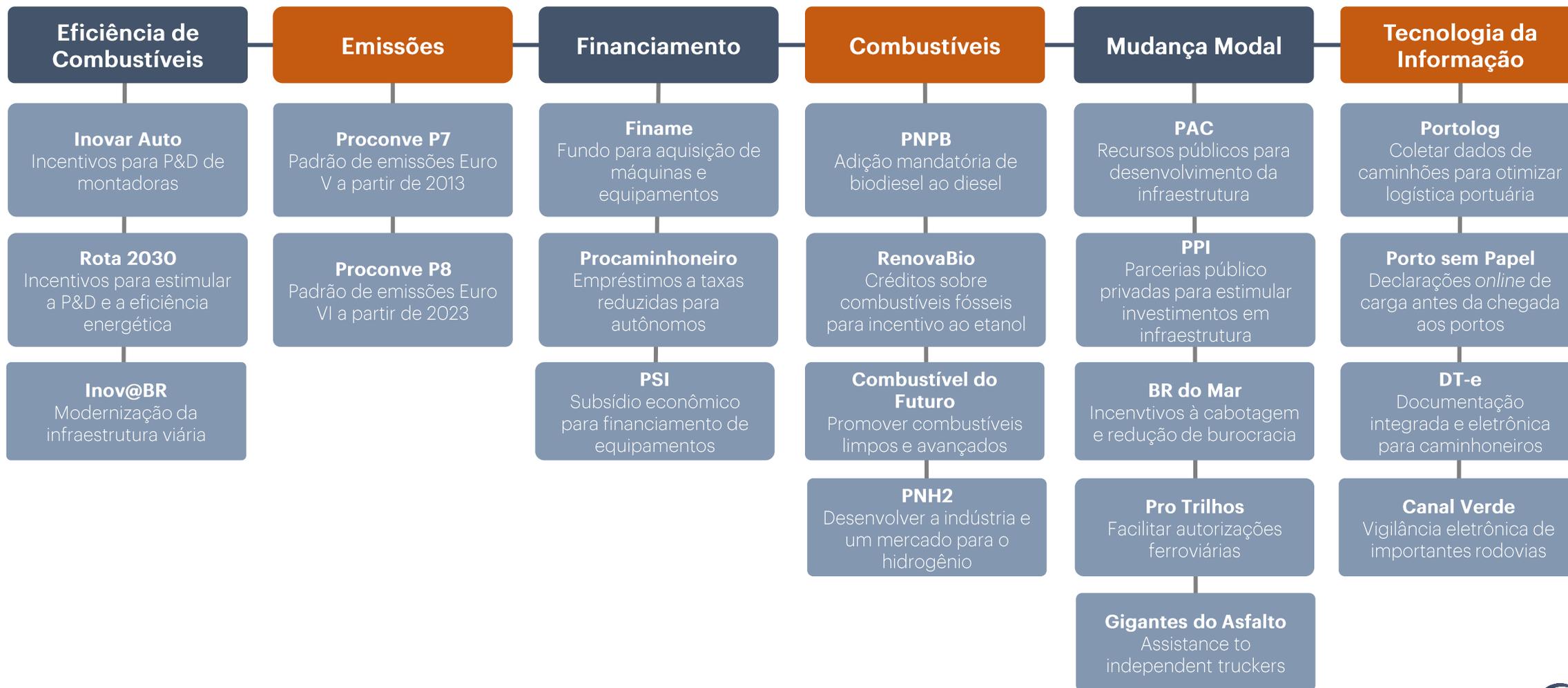
Figura 60 – Consumo específico em 2020 para países selecionados

Fonte: IEA, (2021a). Todos os direitos reservados



# Políticas públicas brasileiras com reflexos na eficiência energética do setor de transporte

O aumento da demanda de diesel ao longo dos últimos 20 anos fez com que o Brasil implementasse diversos programas e políticas para elevar a eficiência do setor de transporte.



# Políticas públicas brasileiras com reflexos na eficiência energética do setor de transporte

## Eficiência energética

### Rota 2030

Rota 2030 é um programa de subsídios fiscais para fomentar a pesquisa e desenvolvimento e, conseqüentemente, a eficiência e segurança da indústria automobilística. Ele substitui o programa Inovar Auto, utilizando a mesma abordagem estratégica. As empresas devem ser elegíveis para estes incentivos fiscais, e devem concordar com níveis mínimos de investimento (Brasil, 2020a).

### Inov@BR 2020

É um programa de modernização da infraestrutura viária federal para melhoria da segurança, do fluxo, da eficiência e da tecnologia (Brasil, 2020b).

Os veículos pesados do Brasil ainda não possuem metas de eficiência de combustível. Atualmente, os dados sobre eficiência estão sendo coletados, e as metas para 2032 serão desenvolvidas uma vez que isso esteja concluído, o que é esperado até 2027 (Brasil, 2018a). O Governo está discutindo com a Associação de Engenharia Automotiva (AEA) procedimentos para medir a eficiência energética de veículos pesados através do uso da Ferramenta de Cálculo do Consumo de Energia Veicular (VECTO - Vehicle Energy Consumption Calculation Tool).

## Emissões (qualidade do ar)

### Proconve

As próximas fases do Programa de Controle de Emissões Veiculares (**Proconve**) (P8) promoverão padrões máximos de emissões a partir de 2023 (Brasil, 2018b). O Proconve P8 é equivalente ao padrão europeu de emissões EURO VI.

# Políticas públicas brasileiras com reflexos na eficiência energética do setor de transporte

## Combustíveis

### PNPB

O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) (MAPA, 2019) continua a ser o instrumento para promoção da energia renovável e redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) no setor. O teor de biodiesel no diesel fóssil é atualmente de 13% (Brasil, 2021c), e se manterá em elevação até 15% (B15) em 2023 (Brasil, 2020d).

### RenovaBio

Política para incentivar o uso de biocombustíveis e reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa, criando um sistema de comercialização de créditos de carbono no setor de distribuição de combustíveis no Brasil (Brasil, 2021d).

### Combustível do Futuro

O programa **Combustível do Futuro** foi criado e está sendo estruturado de modo a incentivar os combustíveis limpos, especialmente o biodiesel e o combustível sustentável de aviação (SAF - sustainable aviation fuel). O programa considera que a eletrificação de veículos ocorrerá gradualmente no Brasil, especialmente devido ao elevado uso de biocombustíveis. O foco está no desenvolvimento de veículos elétricos movidos a etanol utilizando a tecnologia de célula de combustível (Brasil, 2021e).

# Políticas públicas brasileiras com reflexos na eficiência energética do setor de transporte

## Transferência modal

Nos últimos anos, houve um incentivo para aumento das concessões e dos investimentos em ferrovias, hidrovias e portos e, nos próximos anos, espera-se que os investimentos desempenhem um papel fundamental. No cenário referencial da EPE considera-se a construção de mais de 600 km de ferrovias por ano até 2030 (EPE, 2021b). Estes investimentos podem evitar a movimentação adicional de 276.000 caminhões em rodovias brasileiras, com a transferência do modo rodoviário para o ferroviário e economia de aproximadamente 11,5 bilhões de litros de gasolina equivalente, entre 2020 e 2030. Desde 2000, diversos projetos foram iniciados e ainda serão concluídos.

A Tecnologia da Informação tem sido a fator-chave para melhor gerenciamento da logística de caminhões e interação com portos e navios no Brasil, como as seguintes iniciativas:

- O sistema **Portolog** que permite aos portos coletar dados de caminhões para melhorar a gestão logística dentro da área portuária (Brasil, 2017a).
- A introdução do programa '**Porto sem Papel**', que permite aos navios declarar toda a sua carga e disponibilidade de modo *on-line* antes de chegarem aos portos de destino (Brasil, 2017b).
- A **centralização e digitalização** das informações fornecidas pelos caminhoneiros antes de iniciar uma viagem facilitou o controle das cargas nas rodovias e o acesso aos portos (Brasil, 2021a).
- O **Programa Canal Verde**, que promoveu as ações acima por meio da implementação da vigilância eletrônica em algumas das rodovias mais importantes do Brasil (Brasil, 2021b). Os dados são coletados e, associados a outros dados, permitindo aos governos controlar o fluxo de mercadorias, e aos portos controlar o acesso, incluindo o fluxo de caminhões.

Todas essas medidas fomentaram melhorias na administração da transferência modal entre caminhões e navios no País, reduzindo o congestionamento nos portos. Outras medidas foram o incentivo à cabotagem (Brasil, 2020c), por exemplo, reduzindo as exigências para as tripulações nacionais e permitindo o acesso de navios estrangeiros.

## Políticas públicas em demais países com reflexos na eficiência energética do setor de transporte

Diferentes países utilizam ferramentas políticas para estabelecer uma estrutura para incentivar a transferência modal no transporte de carga. Entre as políticas estão o estabelecimento de metas e o uso de corredores intermodais.

Tabela 2– Instrumentos políticos selecionados por diferentes países para incentivar a transferência modal

Fonte: Kaack et al (2018), Chen et al (2020), Brasil (2021f)

País	Instrumentos políticos atuais e planejados de países selecionados
<b>Índia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ O Governo da Índia tem como meta uma participação ferroviária de 50% até 2031-32</li> <li>▪ Início de grandes projetos de infraestrutura multimodais</li> <li>▪ Construção de Corredores de Carga Dedicados (<i>Dedicated Freight Corridors - DFC</i>)</li> <li>▪ O governo planeja subsidiar o transporte aquaviário e desenvolver a primeira via fluvial moderna da Índia no rio Ganges</li> </ul>
<b>América do Norte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ As políticas intermodais têm sido fundamentais desde os anos 90, com políticas voltadas principalmente para: desenvolvimento de corredores, financiamento de infraestrutura, e desenvolvimento e emprego de sistemas de transporte inteligentes.</li> </ul>
<b>China</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Desenvolvimento de uma rede de transporte de cargas de alta capacidade com corredores e <i>hubs</i> intermodais</li> <li>▪ Plano de ação trienal para o aprimoramento da transferência modal</li> <li>▪ Planos de trabalho para a prevenção da poluição do ar</li> <li>▪ Controle de sobrecarga no transporte rodoviário</li> <li>▪ Proibição do transporte rodoviário de carvão em Tianjin</li> </ul>
<b>Brasil</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ O programa BR do Mar tem como objetivo incentivar a cabotagem no Brasil.</li> <li>▪ O objetivo é promover a entrada de novos operadores - para aumentar a concorrência e reduzir os custos de frete.</li> <li>▪ O programa visa diminuir a burocracia do setor, permite contratos temporários para o uso da infraestrutura portuária e reduz os requisitos para que as empresas se registrem como navios brasileiros, mesmo que apenas temporariamente.</li> <li>▪ A proposta está sendo discutida atualmente no Congresso Nacional.</li> <li>▪ O último plano nacional de logística prevê o aumento da participação das ferrovias de 33% para até 36% até 2030, se todos os projetos ferroviários forem considerados.</li> </ul>

## Políticas de sucateamento de veículos no Brasil

O sucateamento é uma forma de prover incentivos para operadores de frete “aposentarem” seus caminhões mais antigos e poluentes, em favor de veículos mais novos e eficientes. Esse tipo de programa tem se tornado cada vez mais comum internacionalmente.

Por meio do Crédito Caminhoneiro, o Governo Federal Brasileiro forneceu financiamento para a compra de novos caminhões por caminhoneiros autônomos. No entanto, esse crédito não exigiu o sucateamento do caminhão antigo, tendo como consequência o aumento da frota nacional (Brasil, 2015 ; BNDES, 2015). Este programa expirou e uma nova linha de crédito, BNDES Finame BK Aquisição e Comercialização, foi disponibilizada pelo banco, contudo, ainda sem a exigência de sucateamento do caminhão para acesso a financiamento (BNDES, 2021).

No nível estadual, alguns programas de sucateamento foram introduzidos, por exemplo, no Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais. Contudo, esses programas tinham recursos limitados e regras rígidas para participação, normalmente concedendo descontos de IPVA ou financiamento para veículos novos sem conceder créditos pelo sucateamento de antigos, desincentivando a adesão de autônomos (AB, 2013; São Paulo; Detran MG).

**Estudos de caso** sobre programas de sucateamento de pesados em países selecionados indicam as melhores práticas. As experiências adquiridas com os programas nestes países indicam que:

- os programas precisam exigir a remoção de circulação de caminhões antigos, havendo a substituição por mais novos.
- os subsídios deveriam ser introduzidos em conjunto com novos padrões de emissão e de eficiência energética.
- os programas de reciclagem da sucata deveriam ser incentivados pelos seus benefícios ambientais e pela potencial criação de empregos.
- as estruturas financeiras desempenham papel importante para garantir acesso de empresas menores e dos caminhoneiros autônomos. Fatores como acesso ao crédito, pagamentos flexíveis, facilitação das exigências de pagamento de impostos e aplicação de juros menores deveriam ser considerados.

## Políticas de sucateamento em países selecionados

Tabela 3 – Programas de sucateamento de pesados – Estudos de caso

Fonte: ICCT (2015)

País	Programa	Ano de operação	Critérios	Prêmio oferecido	Desenho das políticas	Fatores de sucesso	Limitações
<b>Chile</b>	Cambia tu camión	2009	> 10t PBTM; >25 anos	USD 8.000-24.000	Direcionado para micro e pequenas empresas com receita inferior a USD\$25.000 por ano.  Pagamentos subsidiados representavam cerca de um terço do preço do novo.	Exige provas de que os veículos estavam em operação regular  Candidatos tinham que se cadastrar nos governos locais, permitindo maior contribuição das autoridades locais	Dificuldade de acesso às linhas de crédito afetou pequenas operadoras. Muitos proprietários não tinham documentos financeiros, informações fiscais completas ou histórico de crédito.  Governos municipais não criaram financiamentos adicionais.
<b>México</b>	Esquema de Sustitución y Renovación Vehicular	2003-2018	> 10 anos	15% do valor de um novo	Esquemas de financiamento com taxas de juros preferenciais e planos de pagamento de 1 a 5 anos, dependendo de comprovação de Fluxo de Caixa e comprovação de pagamento de Imposto de Renda	O programa exige que veículos sejam retirados de circulação e que o veículo esteja em circulação há pelo menos um ano.  Reduziu a idade média da frota de 13,3 para 11,4 anos entre 2007 e 2012.	Oferece financiamento flexível, mas exclusiva para pequenas empresas.  Dificuldade de alcançar pequenas empresas familiares com menos de 5 veículos.
<b>China</b>	Old-Swap-New	2009-2010	entre 10 e 15 anos	USD 1.400-2.400	Principais veículos visados são os pré-2000, e os veículos EURO 0, I e II (pré-2008). Esses veículos são reconhecidos com a etiqueta amarela, por existir um esforço para a etiquetagem de veículos mais antigos, que emitem uma parcela desproporcional de gases de efeito estufa	Programa exige que os veículos sejam sucateados  Programas complementares em nível local fornecem incentivos adicionais e potenciais reduções das emissões	Subsídios iniciais (US\$980 por caminhão) não incentivaram o sucateamento, e tiveram de ser majorados (US\$2.980) 6 meses após a introdução do programa.

## Padrões de eficiência energética no mundo

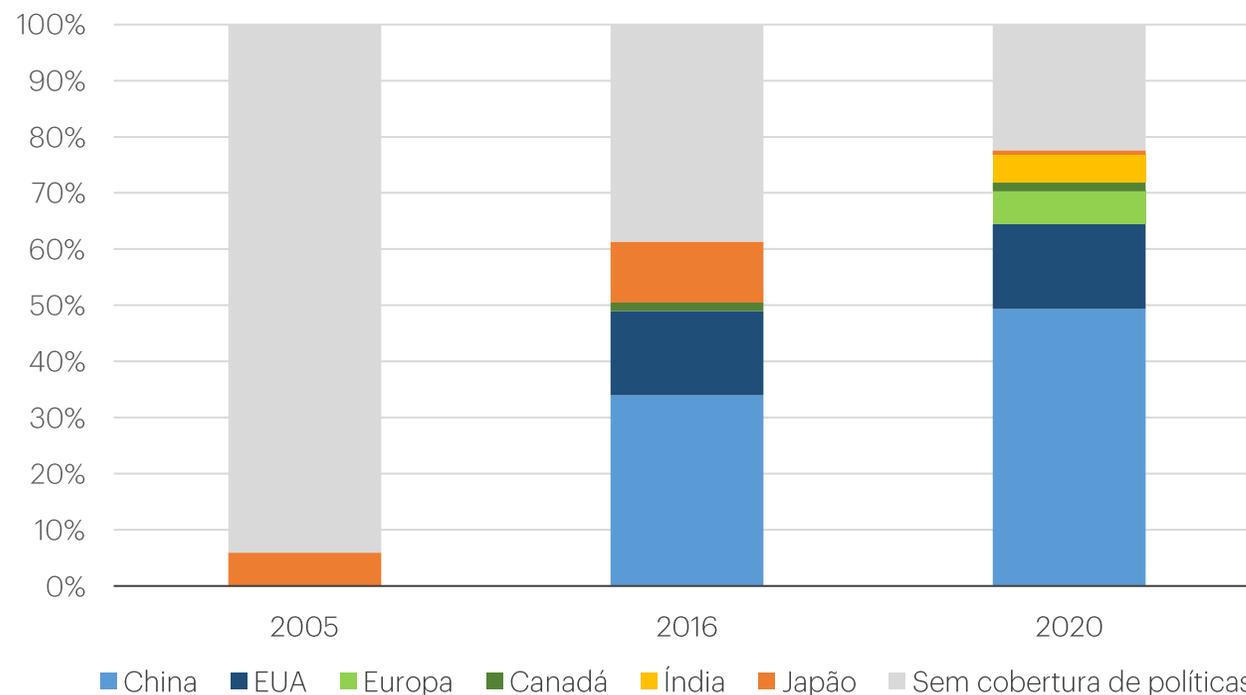
Padrões de eficiência energética estão presentes em aproximadamente 80% dos veículos pesados vendidos globalmente. Em 2016, apenas 50% apresentavam tecnologia abarcada. Há progresso no estabelecimento de metas de eficiência e emissões de CO<sub>2</sub>. Como exemplo ilustrativo, pode-se citar a China, que introduziu os padrões de eficiência energética fase 3 em 2019 e o Japão, que atualizou suas metas para 2025 em março de 2019.

Os diversos programas de melhoria de eficiência podem trazer benefícios. No Canadá, eles são estimados em 24 bilhões de dólares canadenses (CAD), quando combina-se a economia de combustível com a redução de emissões e outros benefícios ambientais e econômicos. O custo de implementação dessas ações foi de 6 bilhões de CAD (ICCT, 2018). Na União Europeia, a economia de combustível no abastecimento, em 2025, foi estimada em EUR 2 mil nos primeiros 5 anos de um caminhão comprado em 2025 (EU, 2019).

No Brasil, os caminhões ainda não têm metas de eficiência. Atualmente, dados sobre a eficiência estão sendo coletados, e metas para 2032 devem ser definidas ao término dessa fase, o que deve ocorrer em 2027. Contudo, dada a existência de metas de emissão aplicadas aos veículos novos no País, é possível inferir, de forma indireta, que há melhoria da eficiência de novos caminhões no curto prazo.

**Figura 61 – Vendas de caminhões com metas de eficiência ou emissões em países selecionados (2005-2020)**

Fonte: IEA, (2020). Todos os direitos reservados



## Padrões de eficiência energética em países selecionados

Os países diferem em aspectos-chave em relação aos padrões de eficiência de combustíveis, como cobertura, abordagens de certificação, e se existe flexibilidade ou incentivos para veículos zero-emissão.

Tabela 4 – Comparação internacional de padrões de eficiência energética

Fonte: ICCT (2018) EU (2019)

País	Abrangência	Horizonte	Veículos zero-emissão	Certificação	Flexibilidade
<b>EUA and Canada</b>	PBT > 3,85t e 19 sub-categorias	Ano base: 2010 (fase 1) Fase 1: 2014, 2017; fase 2: 2021, 2024, 2027	Super créditos	Teste e simulação de componentes. Padrão de motor separado	Usa a média – com base na média da frota, e não no veículo individual Créditos podem ser depositados assim que o limite for atingido.
<b>China</b>	PBT > 3,5t e 66 sub-categorias por tipo de veículo e PBT	Ano base: 2010 China I: 2014 China II: 2016 China III: 2021	Não	Chassi ou veículo inteiro	Não
<b>Japão</b>	PBT > 3,5t e 25 sub-categorias, por tipo (ônibus/caminhão) e PBT	Ano base: 2002 fase 1: 2015; fase 2: 2025	Não	Teste de motores e simulação do veículo. Fase 2 inclui testes aerodinâmicos e de pneus.	Não
<b>Índia</b>	PBT>12t e 10 sub-categorias, por PBT, número eixos e tipo (rígido ou trator)	Ano base: 2018; CSFC: 2018, 2021	Não	Padrões de consumo de combustível de velocidade constantes (CSFC).	Não
<b>União Europeia</b>	Rígido e trator, com PBT > 16 t, com eixos de 4x2 e 6x2	Ano base 2019	Super créditos	Simulação	Isenções para veículos especiais com funções públicas. Fabricantes podem balancear metas entre diferentes tipos de veículos.

## Considerações Finais e Recomendações



O transportes de cargas no Brasil é realizado majoritariamente pelo modo rodoviário, especialmente com uso de caminhões pesados e semi-pesados. Tal condição pode ser associada ao processo de industrialização do País, mas também em função do crescimento das exportações de *commodities* ao longo das últimas décadas.



O significativo uso do modo rodoviário conjuntamente com as características geográficas brasileiras e a infraestrutura de transportes existente (qualidade das estradas) e investimento insuficiente em outros modos de transporte contribuem por expressiva parcela do crescimento da demanda nacional de combustíveis fósseis.



Ao longo dos últimos anos, algumas políticas e programas foram implementadas pelo Brasil com o intuito de melhorar a eficiência individual e sistêmica do setor de transportes, com resultados. No entanto, o aumento da atividade de transporte amorteceu os efeitos, impedindo que houvesse mudança na tendência de consumo.



Nos últimos anos, houve aumento no consumo energético no transporte de carga em função de uma parcela significativa da frota de caminhões brasileira está ultrapassada. No entanto, destaca-se que ocorreram melhorias na capacidade de carga útil, trazendo maiores ganhos de eficiência em termos de toneladas-km transportadas, e a eficiência energética média dos veículos novos vendidos cresceu.



Comparando a situação brasileira com a de alguns outros países, pode concluir-se que é necessário aprofundar os programas que começaram a ser implementados no Brasil. Mais investimentos em infraestrutura podem acelerar a diversificação modal do setor. Metas de eficiência energética para caminhões também podem estimular a eficiência. Combinado com políticas de sucateamento, é possível limitar o aumento da demanda energética brasileira, mesmo em um contexto de contínuo crescimento.

## Referências Bibliográficas

AB - Automotive Business. RJ lança programa de renovação de frota. Disponível em: <https://www.automotivebusiness.com.br/noticia/16195/rj-lanca-programa-de-renovacao-de-frota>. Acessado em julho de 2021. AB, 2013

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220/2005. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/>. Acessado em outubro de 2021.

\_\_\_\_\_. NBR 15575/2013. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/>. Acessado em outubro de 2021.

\_\_\_\_\_. NBR 16697/2018. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/>. Acessado em outubro de 2021.

Agência Brasil. CNI comemora conclusão de trecho da BR-163 no Pará. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2019-12/cni-comemora-conclusao-de-trecho-da-br-163-no-para#>. Acessado em julho de 2021. Agência Brasil, 2019

Bartholomeu. Quantificação dos impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras. Disponível em: <https://tese.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-08052008-172034/pt-br.php>. Acessado em julho de 2021. Bartholomeu, 2006

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Crédito Caminhoneiro. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-credito-caminhoneiro>. Acessado em julho de 2021. BNDES, 2015

\_\_\_\_\_. Finame. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finame-bk-aquisicao-comercializacao>. Acessado em julho de 2021. BNDES, 2021

\_\_\_\_\_. PSI - Programa de Sustentação do Investimento. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/afinep/213-fontes-de-recurso/outras-fontes/psi-programa-de-sustentacao-do-investimento/38-psi-programa-de-sustentacao-do-investimento>. Acessado em janeiro de 2022.

Brasil. ANTT. BNDES Finame Procaminhoneiro. Disponível em: <https://www.antt.net.br/artigos/11647>. Acessado em julho de 2021. Brasil, 2015

\_\_\_\_\_. Ministério da Infraestrutura. Cadeia Logística Portuária Inteligente – PortoLog. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-aquaviario/conteudo-inteligencia-logistica/cadeia-logistica-portuaria-inteligente-portolog>. Acessado em julho de 2021. Brasil, 2017a

\_\_\_\_\_. Ministério da Infraestrutura. Porto sem Papel – PSP. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-aquaviario/conteudo-inteligencia-logistica/porto-sem-papel-ppsp>. Acessado em julho de 2021 Brasil, 2017b

\_\_\_\_\_. EPL - Empresa de Planejamento e Logística. Corredores Logísticos Estratégicos – Complexo de Soja e Milho. Disponível em: [https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/relatorio\\_corredores\\_logisticos\\_sojamilho\\_v1-2.pdf](https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/relatorio_corredores_logisticos_sojamilho_v1-2.pdf). Acessado em julho de 2021. Brasil, 2017c

\_\_\_\_\_. Ministério da Indústria e Comércio. Portaria Nº 2,200-SEI, de 27 de Dezembro de 2018. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/57220399](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/57220399). Acessado em julho de 2021. Brasil, 2018a

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Nº 490, de 16 de Novembro de 2018. Proconve P8. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058898/do1-2018-11-21-resolucao-n-490-de-16-de-novembro-de-2018-51058604](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058898/do1-2018-11-21-resolucao-n-490-de-16-de-novembro-de-2018-51058604). Acessado em julho de 2021. Brasil, 2018b

## Referências Bibliográficas

- \_\_\_\_\_. Ministério da Economia. Rota 2030. Disponível em: <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/setor-automotivo/rota-2030-mobilidade-e-logistica>. Acessado em julho de 2021. Brasil, 2020a
- \_\_\_\_\_. Ministério da Infraestrutura. Inov@BR 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-terrestre/inovabr>. Acessado em julho de 2021. Brasil, 2020b
- \_\_\_\_\_. Ministério da Infraestrutura. BR do Mar. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/brdomar>. Acessado em julho de 2021. Brasil, 2020c
- \_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/biodiesel/programa-nacional-de-producao-e-uso-do-biodiesel-pnpb>. Acessado em julho de 2021. Brasil, 2020d.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Infraestrutura. Melhorias na BR-163/PA e renovação da Malha Paulista gerarão economia de mais de R\$ 1,2 bilhão por ano. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/11/melhorias-na-br-163-pa-e-renovacao-da-malha-paulista-geracao-economia-de-mais-de-r-1-2-bilhao-por-ano>. Acessado em julho de 2021. Brasil, 2020e
- \_\_\_\_\_. Ministério da Infraestrutura. “DT-e é a grande revolução do setor de transporte”, afirma ministro. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/noticias/dt-e-e-a-grande-revolucao-do-setor-de-transporte-afirma-ministro>. Acessado em julho de 2021. Brasil, 2021a
- \_\_\_\_\_. ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres. Canal Verde. Disponível em: <https://antt-hml.antt.gov.br/canal-verde>. Acessado em julho de 2021. Brasil, 2021b

\_\_\_\_\_. ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Mistura de biodiesel ao diesel passa a ser de 13% a partir de hoje (1/3). Disponível em: [https://www.gov.br/anp/pt-br/canais\\_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/mistura-de-biodiesel-ao-diesel-passa-a-ser-de-13-a-partir-de-hoje-1-3](https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/mistura-de-biodiesel-ao-diesel-passa-a-ser-de-13-a-partir-de-hoje-1-3). Acessado em julho de 2021. Brasil, 2021c

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. RenovaBio. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio>. Acessado em julho de 2021. Brasil, 2021d

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Programa Combustível do Futuro: Brasil dá mais um passo na liderança da transição energética mundial. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/programa-combustivel-do-futuro-brasil-da-mais-um-passo-na-lideranca-da-transicao-energetica-mundial>. Acessado em julho de 2021. Brasil, 2021e

\_\_\_\_\_. EPL - Empresa de Planejamento e Logística Plano Nacional de Logística – PNL. Disponível em: <https://www.epl.gov.br/plano-nacional-de-logistica-pnl>. Acessado em julho de 2021. Brasil, 2021f

\_\_\_\_\_. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Programa de Eficiência Energética (PEE). Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>. Acessado em novembro de 2021.

\_\_\_\_\_. ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 22, de 1.8.2005. Disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2005/agosto&item=ranp-22--2005>. Acessado em outubro de 2021.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Programa nacional do H<sub>2</sub>. <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-apresenta-ao-cnpe-proposta-de-diretrizes-para-o-programa-nacional-do-hidrogenio-pnh2>. Acessado em janeiro de 2022.

## Referências Bibliográficas

\_\_\_\_\_. Ministério Do Planejamento, Orçamento e Gestão. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 2, DE 4 DE JUNHO DE 2014. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit. Diário Oficial da União. Brasília, 4 de junho de 2014.

\_\_\_\_\_. Decreto n. 6.025/2007. Institui o Programa de Aceleração do Crescimento - PAC, o seu Comitê Gestor, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 22 de janeiro de 2007.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 10.702/2021. Institui o Programa de Incentivo ao Transporte Rodoviário de Cargas - Programa Gigantes do Asfalto. . Diário Oficial da União. Brasília, 18 de maio de 2021.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.991 de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 24 de julho de 2000.

\_\_\_\_\_. Lei nº 10.295 de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 17 de outubro de 2001.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.715/2012. Altera a alíquota das contribuições previdenciárias sobre a folha de salários devidas pelas empresas que especifica; institui o Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (Inovar-Auto); e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 17 de setembro de 2012.

\_\_\_\_\_. Lei nº 13.280 de 03 de maio de 2016. Altera a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, para disciplinar a aplicação dos recursos destinados a programas de eficiência energética. Diário Oficial da União. Brasília, 03 de maio de 2016.

\_\_\_\_\_. Lei nº 13.334/2016. Cria o Programa de Parcerias de Investimentos - PPI; altera a Lei nº 10.683, de 28 de maio de 2003, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 13 de setembro de 2016. Brasil. Lei nº 9.991 de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 24 de julho de 2000.

\_\_\_\_\_. Medida Provisória nº 1.065/2021. Dispõe sobre a exploração do serviço de transporte ferroviário, o trânsito e o transporte ferroviários e as atividades desempenhadas pelas administradoras ferroviárias e pelos operadores ferroviários independentes, institui o Programa de Autorizações Ferroviárias, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 30 de agosto de 2021

Chen S., Wu J., Zong Y. The Impact of the Freight Transport Modal Shift Policy on China's Carbon Emissions Reduction. Sustainability 2020, 12, 583. Chen S., Wu J., Zong Y, 2020

.CNT - Confederação Nacional do Transporte. Conjuntura do Transporte. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/publicacoes>. Acessado em julho de 2021. CNT, 2021

Comt - Council of Ministers Responsible for Transportation and Highway Safety. Heavy Truck Weight and Dimension Limits for Interprovincial Operations in Canada. Disponível em: <https://www.comt.ca/english/programs/trucking/MOU%202019.pdf>. Acessado em julho de 2021. Comt, 2019

Detran MG. Programa de renovação da frota de caminhões. Disponível em: <https://www.detran.mg.gov.br/parceiros-credenciados/renovacao-da-frota/programa-de-renovacao-da-frota-de-caminhoes>. Acessado em julho de 2021.

## Referências Bibliográficas

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Novos Projetos Ferroviários e Seus Impactos sobre a demanda Energética Nacional. Disponível em:

[https://stt.ibp.org.br/eventos/2018/riooil2018/pdfs/Riooil2018\\_1657\\_201806221837rioil2018\\_impacto.pdf](https://stt.ibp.org.br/eventos/2018/riooil2018/pdfs/Riooil2018_1657_201806221837rioil2018_impacto.pdf). Acessado em julho de 2021. EPE, 2018

\_\_\_\_\_. Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional. Disponível em:

<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>. Acessado em outubro de 2021. EPE, 2021a.

\_\_\_\_\_. Balanço Energético Nacional – BEN. Disponível em:

<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>. Acessado em outubro de 2021. EPE, 2021b.

\_\_\_\_\_. Inova-e. Disponível em: <http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com/inova-e/index.html>. Acessado em outubro de 2021. EPE, 2021c.

EU- European Union. Reducing CO2 emissions from heavy-duty vehicles. Disponível em: [https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/heavy\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/heavy_en). Acessado em julho de 2021. EU, 2019

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Séries Estatísticas. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=ST46>. Acessado em dezembro de 2021. IBGE, 2021.

ICCT - International Council on Clean Transportation. Survey of Best Practices in Reducing Emissions Through Vehicle Replacement Programs. Disponível em: [https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_HDVreplacement\\_bestprac\\_20150302.pdf](https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_HDVreplacement_bestprac_20150302.pdf). Acessado em julho de 2021. ICCT, 2015

\_\_\_\_\_. Final second-phase greenhouse gas emissions standards for heavy-duty engines and vehicles in Canada. Disponível em: <https://theicct.org/publications/second-ghg-standards-hdv-Canada>. Acessado em julho de 2021. ICCT, 2018

IEA, International Energy Agency. The Future of Trucks. Disponível em:

<https://www.iea.org/reports/the-future-of-trucks>. Acessado em julho de 2021. IEA, 2017

\_\_\_\_\_. Trucks and Buses, IEA, Paris Disponível em: <https://www.iea.org/reports/trucks-and-buses>. Acessado em julho de 2021. IEA 2020

\_\_\_\_\_. Mobility Model, June 2021 version. OECD/IEA, Paris. Disponível em:

<https://www.iea.org/areas-of-work/programmes-and-partnerships/the-iea-mobility-model>. Acessado em julho de 2021. IEA 2021a

\_\_\_\_\_. Global EV Outlook IEA, Paris. Disponível em:

<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>. Acessado em julho de 2021. IEA 2021b

\_\_\_\_\_. Renewable Energy Market Update Disponível em:

<https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update-2021/transport-biofuels>. Acessado em julho de 2021. IEA, 2021c

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Disponível em: <https://www2.inmetro.gov.br/pbe/>. Acessado em outubro de 2021. INMETRO, 2021

\_\_\_\_\_. Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) para o nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Disponível em:

<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001788.pdf>. Acessado em outubro de 2021.

## Referências Bibliográficas

ITF - International Transport Forum. High Capacity Transport: Towards Efficient, Safe and Sustainable Road Freight”, International Transport Forum Policy Papers, No. 69, OECD Publishing, Paris. Disponível em: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/high-capacity-transport.pdf>. Acessado em julho de 2021. ITF, 2019

Kaack L.H., Vaishnav P., Morgan M.G. Azevedo I.L. and Rai S. Decarbonizing intraregional freight systems with a focus on modal shift. Environmental Research Letters, Volume 13, Number 8. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aad56c/meta>. Acessado em julho de 2021. Kaack L.H., Vaishnav P., Morgan M.G. Azevedo I.L. and Rai S (2018)

National Heavy Vehicle Regulator. Common Heavy Freight Vehicle Configurations. Disponível em: <https://www.nhvr.gov.au/files/201707-0577-common-heavy-freight-vehicles-combinations.pdf>. Acessado em julho de 2021.

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. Infrastructure investment (indicator). doi: 10.1787/b06ce3ad-en (Accessed on 28 July 2021). Disponível em: <https://data.oecd.org/transport/infrastructure-investment.htm>. Acessado em julho de 2021. OCDE, 2021

PROCEL - Selo Procel de Economia de energia. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B88A19AD9-04C6-43FC-BA2E-99B27EF54632%7D>. Acessado em novembro de 2021. PROCEL, 2021.

PROCEL EDIFICA – Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>. Acessado em novembro de 2021.

PROCEL RELUZ – Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMID6C524BD8642240ECAD7DEF8CD7A8C0D9PTBRIE.htm>. Acessado em novembro de 2021.

PROCEL SANEAR – Programa de Eficiência Energética em Saneamento Ambiental. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMID6D82CF76DD284E7B8A607F31CB419A79PTBRIE.htm>. Acessado em novembro de 2021

São Paulo. Guia do Programa de Incentivo à Renovação da Frota de Caminhões. Disponível em: [http://www.desenvolvesp.com.br/wp-content/uploads/old/page/uploads/files/cartilha\\_final2.pdf](http://www.desenvolvesp.com.br/wp-content/uploads/old/page/uploads/files/cartilha_final2.pdf). Acessado em julho de 2021.

\_\_\_\_\_. Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo. Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio\\_ambiente/comite\\_do\\_clima/index.php?p=284393](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/comite_do_clima/index.php?p=284393). Acessado em julho de 2021. São Paulo, 2017.

Unescap - Economic and Social Commission for Asia and the Pacific . Currently existing standards on weights and dimensions for road freight vehicles. Disponível em: <https://www.unescap.org/sites/default/files/Chapter02.pdf>. Acessado em julho de 2021.

World Economic Forum. Quality of roads. Disponível em: [https://reports.weforum.org/pdf/gci-2017-2018-scorecard/WEF\\_GCI\\_2017\\_2018\\_Scorecard\\_EOSQ057.pdf](https://reports.weforum.org/pdf/gci-2017-2018-scorecard/WEF_GCI_2017_2018_Scorecard_EOSQ057.pdf). Acessado em julho de 2021.