Energia

Energy

O homem da flor na boca: um ato
de amor à vida, 1992

*Man with the flower-mouth: an act of
love for life*

Iberê Camargo

Energy

Rafael Garaffa¹

André F.P. Lucena²

Overview of the energy sector and sectoral challenges

The energy sector is responsible for the transformation and transportation of energy sources for final uses³ (energy and non-energy), crossing all the sectors of the economy. In Brazil, the transformation sector comprises the extraction of petroleum, natural gas and mineral coal; petroleum refining; alcohol distillation; generation of electricity; and production of coke.

This chapter addresses the recent picture of the energy sector and the challenges related to the consumption of energy in Brazil. In a brief analysis, this chapter highlights uses and sources of energy consumed by each sector, such as: transportation, industry, buildings and agriculture, besides the energy sector on its own.

¹ Master in Energy Planning and Professor of the Energy Planning Program of the Alberto Luiz Coimbra Institute of Post-Graduation and Engineering Research of the Federal University of Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ.

² PhD in Energy Planning and Professor of the Energy Planning Program of the Alberto Luiz Coimbra Institute of Post-Graduation and Engineering Research of the Federal University of Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ.

³ Final use or energy services – lighting, driving force, heat generation, heating, refrigeration, etc. –, being lubricants, asphalt, solvents and other products used for non-energy purposes.

Energia

Rafael Garaffa¹
André F.P. Lucena²

Panorama do setor energético e desafios setoriais

O setor energético é responsável pela transformação e transporte de fontes de energia para usos finais³ (energéticos e não energéticos), sendo transversal a todos os setores da economia. No Brasil, o setor de transformação compreende a extração de petróleo, gás natural e carvão mineral; o refino de petróleo; a destilação de álcool; a geração de eletricidade; e a produção de coque.

Este capítulo aborda o panorama recente do setor energético e os desafios relacionados ao consumo de energia no País. Em uma breve análise, o capítulo destaca usos e fontes de energia consumidos por cada setor, quais sejam: transportes, industrial, edificações e agropecuário, além do próprio setor energético.

¹ Mestre em Planejamento Energético e Professor do Programa de Planejamento Energético do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ).

² Doutor em Planejamento Energético e Professor do Programa de Planejamento Energético do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ).

³ Usos finais ou serviços energéticos (iluminação, força motriz, geração de calor, aquecimento, refrigeração etc.), sendo lubrificantes, asfalto, solventes e outros produtos, utilizados para fins não energéticos.

Overview of the energy system

The domestic supply and the final consumption of energy changed little between 2015 and 2017 (Table 13.1). In this period, the supply of renewable energy sources⁴ increased, as the generation of renewable energy – wind and solar – in the Northeast Region advanced (Table 13.2) and the supply of fossil sources consequently dropped (Graph 13.2).

The production of primary energy continuously increased over the last years, due to the production of petroleum of the pre-salt layer (Graph 13.1), making Brazil one of the major global producers of petroleum (Table 13.3). Nevertheless, the country remains dependent on the imported natural gas – mainly for addressing thermoelectric power (Graph 13.5) – and on petroleum products, as covered later.

In 2017, the final consumption of energy was distributed among the sectors of energy (10.1%), transportation (32.7%), industry (32.9%), buildings (14.5%) and agriculture (4.0%), in addition to 5.8% destined to non-energy final consumption (BALANÇO..., 2018). Between 2005 and 2014, the consumption of petroleum products and electricity continuously increased (Graph 13.3), especially to address the sectors of transportation and services (Graph 13.4). From 2014 onward, the reduction of the economic activity interrupted the growth trend of the final consumption, as revealed by the evolution of energy consumption in relation to the sectoral value added (Graph 13.6).

Sectoral challenges

The search for safe, reliable, low cost, low environmental impact and higher efficiency energy sources are common goals of all the sectors. Nevertheless, it is not always possible to meet such objectives, considering the imperfections of the market and a number of restrictions (budget, location, etc.). The following sub-sections explore the sectoral challenges related to the consumption of energy.

Energy sector

In Brazil, the agents of the energy sector frequently face regulatory, institutional, economic and market barriers, which hamper the expansion of the infrastructure, distorting the supply and consumption of energy in Brazil.

⁴ Brazil has a large share of renewable sources in its energy system (Graph 13.7) and a hydroelectric potential in the North Region (Table 13.4), though with recognized environmental restrictions to exploit it.

Panorama do sistema energético

A oferta interna e o consumo final de energia sofreram pouca variação, entre 2015 e 2017 (Tabela 13.1). Neste período, houve incremento na oferta de fontes renováveis de energia⁴, com avanço da geração elétrica renovável (eólica e solar) na Região Nordeste (Tabela 13.2) e consequente queda relativa na oferta de fontes fósseis (Gráfico 13.2).

A produção de energia primária elevou-se continuamente nos últimos anos, devido à produção de petróleo da camada pré-sal (Gráfico 13.1), tornando o Brasil um dos principais países produtores globais de petróleo (Tabela 13.3). Contudo, permanece a dependência por gás natural importado – principalmente, para atendimento à geração termoeletrônica (Gráfico 13.5) – e por derivados de petróleo, conforme tratado adiante.

Em 2017, o consumo final de energia distribuiu-se entre os setores energético (10,1%), transportes (32,7%), industrial (32,9%), edificações (14,5%) e agropecuário (4,0%), além de 5,8% destinados ao consumo final não energético (BALANÇO..., 2018). Entre 2005 e 2014, houve crescimento continuado do consumo de derivados de petróleo e eletricidade (Gráfico 13.3), notadamente para atendimento aos setores transportes e serviços (Gráfico 13.4). No entanto, a partir de 2014, a redução da atividade econômica interrompeu a tendência de crescimento do consumo final, conforme evidência a evolução do consumo de energia em relação ao valor agregado setorial (Gráfico 13.6).

Desafios setoriais

A busca por fontes de energia seguras, confiáveis, de menor custo, baixo impacto ambiental e maior eficiência são objetivos comuns a todos os setores. Entretanto, diante de imperfeições de mercado e restrições diversas (orçamentárias, locais etc.), nem sempre é possível atingir tais objetivos. As subseções seguintes exploram os desafios setoriais relacionados ao consumo de energia.

Sector energético

No Brasil, as agentes do sector energético deparam-se frequentemente com barreiras regulatórias, institucionais, econômicas e de mercado, que dificultam a expansão da infraestrutura, gerando distorções na oferta e consumo de energia no País.

⁴ O Brasil possui elevada participação de fontes renováveis em seu sistema energético (Gráfico 13.7) e com potencial hidroelétrico na Região Norte (Tabela 13.4), embora com reconhecidas restrições ambientais para seu aproveitamento.

The growth of the domestic production of petroleum has reduced the foreign dependence on crude petroleum, though there is an increasing dependence on imported petroleum products, mainly naphtha, gasoline and diesel fuel (Graph 13.8). Between 2005 and 2014, investment decisions involving mega-projects limited the expansion of the Brazilian refining park, in time to meet the domestic demand for fuels with more restricted specifications for the level of sulfur (KÖBERLE et al., 2018).

Additionally, the limited expansion of the pipeline networks for transportation and distribution reduced the exploitation of the domestic supply of natural gas for thermoelectric power, increasing the dependence on the imported input by ship (liquefied natural gas - LNG). The electricity system also faces permanent challenges of modernization and replacement of the infrastructure in the end of service life, of integration of intermittent sources to the National Interconnected System - SIN, as well as of restrictions to the expansion related to socio-environmental and land issues.

Transportation sector

The transportation sector comprises the road, air, water and railway modals. Nevertheless, the activity of road transportation represented nearly 60% of the Brazilian cargo transportation matrix and more than 90% of the Brazilian passenger transportation matrix in 2017⁵. Petroleum products are, thus, the major source of energy in this sector, being diesel fuel the most consumed (44%), followed by gasoline (29%) and ethanol (16%) (BALANÇO..., 2018).

The pattern of energy efficiency of the transportation system is directly affected by the degradation of the infrastructure and by the lack of systemic modal integration, which might be its main challenge. There are a number of barriers for the use of more efficient modals and vehicles, whether technical, economic or even cultural (RATHMANN, 2017).

Industrial sector

The industrial sector is broad and heterogeneous in its use of energy. The major consumers of energy are the sub-sectors of: non-ferrous and other items from basic metals, like pig iron and steel, and iron alloys; as well as food and beverages; and pulp and paper, being electricity (20%), natural gas (11%) and sugarcane bagasse (20%) the

⁵ Transportation activity measured in number of tonnes-kilometer transported (cargo) and number of passengers-kilometer transported (passengers).

O crescimento da produção doméstica de petróleo reduziu a dependência externa por petróleo bruto, entretanto há uma crescente dependência por derivados de petróleo importados, principalmente, nafta, gasolina e óleo diesel (Gráfico 13.8). Entre 2005 e 2014, decisões de investimento envolvendo megaprojetos limitaram a expansão do parque de refino brasileiro, a tempo de atender a demanda doméstica por combustíveis com especificações mais restritas para o teor de enxofre (KÖBERLE et al., 2018).

Adicionalmente, limitações na expansão da rede de gasodutos de transporte e distribuição reduziram o aproveitamento da oferta doméstica de gás natural para geração termoeletrica, elevando a dependência pelo insumo importado por navio (gás natural liquefeito - GNL). O sistema elétrico também enfrenta desafios permanentes de modernização e substituição da infraestrutura em fim de vida útil, de integração de fontes intermitentes ao Sistema Interligado Nacional (SIN), além de restrições à expansão relacionadas a questões socioambientais e fundiárias.

Setor transportes

O setor transportes compreende os modais rodoviário, aéreo, hidroviário e ferroviário. Contudo, a atividade de transporte rodoviário representou, em 2017, cerca de 60% da matriz de transporte brasileira de carga e mais de 90% da matriz de transporte brasileira de passageiros⁵. Os derivados de petróleo são, portanto, a principal fonte de energia do setor, sendo o diesel o combustível mais consumido (44%), além da gasolina (29%) e do etanol (16%) (BALANÇO..., 2018).

O padrão de eficiência energética do sistema de transportes é diretamente afetado pela degradação da infraestrutura e pela falta de integração modal sistêmica, talvez, o seu principal desafio. Há diversas barreiras identificadas no uso de veículos e modais mais eficientes, sejam elas técnicas, econômicas ou mesmo culturais (RATHMANN, 2017).

Setor industrial

O setor industrial é amplo e heterogêneo em seus usos de energia. Os principais consumidores de energia são os subsetores: não ferrosos e outros da metalurgia, como ferro gusa e aço, e ferro-ligas; além de alimentos e bebidas; e papel e celulose, sendo a eletricidade (20%), o gás natural (11%) e o bagaço da cana-de-açúcar (20%) as fontes

⁵ Atividade de transporte mensurada em número de toneladas-quilômetro transportados (carga) e número de passageiros-quilômetro transportados (passageiros).

most consumed sources in industry (BALANÇO..., 2018). Sectors like non-ferrous and other items from basic metals are electric-intensive in its energy consumption, whereas the consumption of natural gas takes place mostly in chemical and non-metallic items (ceramic). The consumption of sugarcane bagasse stands out due to its use as energy for the production of sugar, the reason why the sub-sector of food and beverages is the one that consumes most energy in the industrial sector (27%, in 2017) (BALANÇO..., 2018).

Graph 13.9 shows the evolution, between 2008 and 2017, of the final consumption of energy (stacked columns; left axis) and the final consumption of energy in relation to the Gross Domestic Product - GDP of the sector (lines; right axis), with the industry average represented by the black line – about 0.2 tonnes of oil equivalent (toe) per thousand US dollars, in 2013. The most intensive sectors in consumption of energy in relation to the GDP are basic metals and pulp and paper, with values above 1.0 toe/thousand US dollars, in 2013.

The energy efficiency measures in industry are the major opportunity to reduce the consumption of energy. Such measures involve different solutions, like instrumentation and pressure control; high-performance furnaces and motors; lighting systems; refrigeration; pumping; and compression, among others, capable of making the industrial processes less energy intensive. Nevertheless, there are a number of barriers, whether technical, economic or even cultural, that limit the adoption of those measures. Moreover, limitations in the expansion of the infrastructure of the energy and transportation sectors rise the cost of inputs and services for the industrial sector, like electricity and logistics cost.

Buildings sector

The buildings sector comprises the residential, commercial and services sectors; as well as the public sector. Electricity is the major source consumed in the commercial and services sector in different uses (driving force; process heat; direct heating; refrigeration; lighting, etc.), as well as in lighting, in the public sector. Besides electricity, the residential sector has LPG and firewood as the major sources of energy, used for cooking and direct heating.

In 2017, the building sector accounted for 51% of the final consumption of electricity in Brazil. The presence of cultural, technological, financial and market barriers, as well as transaction costs and problems related to the main agent (tenant/landlord) are frequent. Such barriers distort the real opportunity cost of investments in energy efficiency and lead, for example, to the

mais consumidas na indústria (BALANÇO..., 2018). Setores como não ferrosos e outros da metalurgia são eletrointensivos em seu consumo energético, enquanto o consumo de gás natural ocorre majoritariamente na química e em não metálicos (cerâmica). O consumo de bagaço de cana se destaca devido ao uso como energético para produção de açúcar, razão pela qual o subsetor de alimentos e bebidas é aquele que mais consome energia no setor industrial (27%, em 2017) (BALANÇO..., 2018).

O Gráfico 13.9 apresenta a evolução, entre 2008 e 2017, do consumo final de energia (colunas empilhadas; eixo à esquerda) e o consumo final de energia em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) do setor (linhas; eixo à direita), com a média da indústria representada pela linha tracejada preta – cerca de 0,2 toneladas equivalentes de petróleo (tep) por milhares de dólares americanos, em 2013. Os setores mais intensivos no consumo de energia em relação ao PIB são a metalurgia e o setor de papel e celulose, com valores superiores a 1,0 tep/milhares de dólares americanos, em 2013.

As medidas de eficiência energética na indústria constituem a principal oportunidade para redução do consumo de energia. Tais medidas envolvem diferentes soluções, como instrumentação e controle de pressão; fornos e motores de alto rendimento; sistemas de iluminação; refrigeração; bombeamento; e compressão, dentre outros, capazes de tornar os processos industriais menos energointensivos. Há, entretanto, diversas barreiras, sejam elas técnicas, econômicas ou mesmo culturais, que limitam a adoção dessas medidas. Ademais, limitações na expansão da infraestrutura dos setores energético e transportes elevam o custo de insumos e serviços para o setor industrial, como a eletricidade e o custo logístico.

Setor edificações

O setor de edificações compreende os setores residencial; comercial e serviços; além do setor público. A eletricidade é a principal fonte consumida no setor comercial e serviços em diferentes usos (força motriz; calor de processo; aquecimento direto; refrigeração; iluminação etc.), assim como no setor público, na iluminação. O setor residencial tem entre suas principais fontes de energia, além da eletricidade, o GLP e lenha, utilizados para cocção e aquecimento direto.

Em 2017, o setor de edificações foi responsável por 51% do consumo final de eletricidade no País. A presença de barreiras culturais, tecnológicas, financeiras e de mercado, além de custos de transação e problemas de agente principal (locatário/locador) são frequentes. Tais barreiras distorcem o real custo de oportunidade de investimentos em eficiência energética e levam, por exemplo, à aquisição de equipamentos mais baratos, porém nem sempre eficientes no uso energético (GONZÁLEZ-MAHECHA et

acquisition of cheaper - though not always efficient - equipment in the energy use (GONZÁLEZ-MAHECHA et al., 2019). In addition, the challenges of this sector involve the long service life of the buildings, which rise the risk of locking in inefficient infrastructures.

Agricultural sector

The use of energy sources has changed significantly in the agricultural sector, keeping pace with its modernization. In 2017, the major energy sources used were diesel fuel (use in agricultural machinery), firewood (grain drying and heat generation in aviculture) and electricity (irrigation), with shares of 45.9%, 30.0% and 23.6%, respectively, in the final consumption of the sector (BALANÇO..., 2018).

Final remarks

Historically speaking, Brazil has an energy matrix with a large relative share of renewable sources, mainly due to hydroelectricity and sugarcane products. Nevertheless, the expansion of the energy sector is prime to the economic growth and improvement of life quality. In comparative terms, the *per capita* consumption of energy in Brazil is still low (about 1.25 *per capita* toe, whereas the average figure for the Organization for Economic Cooperation and Development - OECD is about 4.0 *per capita* toe, as well as it is unevenly distributed along regions and income classes. To the regulatory, institutional, economic and market challenges and expansion of the energy infrastructure, one should add the need to employ safe, reliable, low-cost and low environmental impact sources of energy.

In 2015, Brazil announced the commitment to reduce the emission of green-house effect gases in 2025 at a level 37% below that of 2005 in the 21st Conference of the Parties, of the 2015 United Nations Climate Change Conference - COP-21, in Paris. Historically speaking, the emission from deforestation comprises a relevant parcel of the Brazilian emission. Despite the strong drop between 2005 and 2012, deforestation is increasing once again in Brazil. Such trend reversal may create additional challenges to the energy sector in terms of the decarbonization effort (ROCHEDO et al., 2018). Therefore, the reduction of the deforestation rates, exploitation of energy resources from sustainable biomass and a bio-economy based on the use of biological assets and biodiversity are of prime importance for the Brazilian energy sector.

al., 2019). Além disso, os desafios do setor envolvem a longa vida útil das edificações, que elevam o risco de aprisionamento (*lock-in*) em infraestruturas ineficientes.

Setor agropecuário

O uso de fontes energéticas mudou significativamente no setor agropecuário, acompanhando sua modernização. Em 2017, os principais energéticos utilizados foram o óleo diesel (uso em maquinário agrícola), a lenha (secagem de grãos e na geração de calor na avicultura) e a eletricidade (irrigação), com participações, de 45,9%, 30,0% e 23,6%, respectivamente, no consumo final do setor (BALANÇO..., 2018).

Conclusão

O Brasil tem historicamente uma matriz energética com alta participação relativa de fontes renováveis, principalmente em função da hidroeletricidade e dos produtos da cana-de-açúcar. Entretanto, a expansão do setor energético é necessária ao crescimento econômico e à melhora na qualidade de vida. Em termos comparativos, o consumo de energia *per capita* no Brasil ainda é baixo (cerca de 1,25 tep *per capita*, enquanto a média para países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) é de aproximadamente 4,0 tep *per capita*), além de desigualmente distribuído entre regiões e classes de renda. Aos desafios regulatórios, institucionais, econômicos e de mercado à expansão da infraestrutura energética, soma-se a necessidade de empregar fontes de energia seguras, confiáveis, de baixo custo e baixo impacto ambiental.

Em 2015, o Brasil apresentou na 21ª Conferência das Partes, da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima (COP-21), em Paris, o compromisso de redução de emissões de gases de efeito estufa em 2025 para níveis 37% abaixo daqueles de 2005. Historicamente, as emissões de desmatamento compreendem uma parcela relevante das emissões brasileiras. Apesar da forte queda entre 2005 e 2012, o desmatamento voltou a crescer no Brasil. Tal reversão de tendência pode criar desafios adicionais ao setor energético em termos de esforço de descarbonização (ROCHEDO et al., 2018). Portanto, a redução nas taxas de desmatamento, o aproveitamento de recursos energéticos de biomassa sustentável e uma bioeconomia baseada no uso dos ativos biológicos e de biodiversidade são de fundamental importância para o setor energético brasileiro.

References

BALANÇO energético nacional 2018: ano base 2017. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2018. Available from: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes>>. Cited: May 2019.

GONZÁLEZ-MAHECHA, R. E. et al. Greenhouse gas mitigation potential and abatement costs in the Brazilian residential sector. *Energy and Buildings*, New York, v. 184, p. 19-33, Feb. 2019. Available from: <<https://www.sciencedirect.com/journal/energy-and-buildings>>. Cited: May 2019.

KÖBERLE, A. C. et al. Are conventional energy megaprojects competitive? Suboptimal decisions related to cost overruns in Brazil. *Energy Policy*, Amsterdam, v. 122, p. 689-700, Nov. 2018. Available from: <<https://www.sciencedirect.com/journal/energy-policy/issues>>. Cited: May 2019.

RATHMANN, R. (Org.). *Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de transportes*. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações: ONU Meio Ambiente, 2017. 458 p. (Opções de mitigação de emissões de gases de efeito estufa em setores-chave do Brasil). Available from: <http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/projeto_opcoes_mitigacao/publicacoes/Transportes.pdf>. Cited: May 2019.

ROCHEDO, P. R. R. et al. The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. *Nature Climate Change*, v. 8, n. 8, p. 695-698, Aug. 2018. Available from: <<https://www.nature.com/nclimate/volumes>>. Cited: May 2019.

Translated by: La-Fayette Côrtes Neto

Referências

BALANÇO energético nacional 2018: ano base 2017. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2018. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes>>. Acesso em: maio 2019.

GONZÁLEZ-MAHECHA, R. E. et al. Greenhouse gas mitigation potential and abatement costs in the Brazilian residential sector. *Energy and Buildings*, New York, v. 184, p. 19-33, Feb. 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/journal/energy-and-buildings>>. Acesso em: maio 2019.

KÖBERLE, A. C. et al. Are conventional energy megaprojects competitive? Suboptimal decisions related to cost overruns in Brazil. *Energy Policy*, Amsterdam, v. 122, p. 689-700, Nov. 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/journal/energy-policy/issues>>. Acesso em: maio 2019.

RATHMANN, R. (Org.). *Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de transportes*. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações : ONU Meio Ambiente, 2017. 458 p. (Opções de mitigação de emissões de gases de efeito estufa em setores-chave do Brasil). Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/projeto_opcoes_mitigacao/publicacoes/Transportes.pdf>. Acesso em: maio 2019.

ROCHEDO, P. R. R. et al. The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. *Nature Climate Change*, v. 8, n. 8, p. 695-698, Aug. 2018. Disponível em: <<https://www.nature.com/nclimate/volumes>>. Acesso em: maio 2019.

Tabela 13.1 - Dados gerais de energia - 2015-2017*Table 13.1 - General energy data - 2015-2017*

Especificação/ Item	Unidade/ Unit	2015	2016	2017
Oferta interna de energia/ <i>Domestic energy supply</i>	10^6 tep/ 10^6 toe	300	288	293
<i>Per capita/</i> <i>Per capita</i>	tep/hab toe/inhab	1,46	1,39	1,41
Por PIB/ <i>Per GDP</i>	tep/1 000 US\$ toe/1,000 US\$	0,101	0,101	0,101
Consumo final de energia/ <i>Final energy consumption</i>	10^6 tep/ 10^6 toe	261	256	260
Geração de eletricidade/ <i>Electricity generation</i>	TWh TWh	485	480	491
Produção de petróleo/ <i>Petroleum production</i>	10^3 b/d / 10^3 b/d	2 529	2 600	2 707
Importação total de energia/ <i>Total energy imports</i>	10^3 bep/d / 10^3 boe/d	1 472	1 253	1 390
Exportação total de energia/ <i>Total energy exports</i>	10^3 bep/d / 10^3 boe/d	999	1 083	1 276

Fonte/Source: Balanço energético nacional 2018: ano base 2017. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2017. Disponível em/Available from: <<https://ben.epe.gov.br>>. Acesso em: jan. 2019/
Cited: Jan. 2019.

Nota: tep - tonelada equivalente de petróleo; bep - barril equivalente de petróleo; b/d - barril por dia; produção de petróleo inclui óleo de xisto e líquidos de gás natural; 1 tep = 7,05 bep (barril equivalente de petróleo).

Note: toe - tonne of oil equivalent; boe - barrel of oil equivalent; b/d - barrel per day.

Tabela 13.2 - Geração de energia elétrica - 2016-2017
Table 13.2 - Generation of Electricity - 2016-2017

Grandes Regiões e Unidades da Federação/ Major Regions and Federation Units	Geração de energia elétrica/ Electricity generation		Percentual de crescimento (2017/2016) (%) Percentage growth (2017/2016)(%)
	2016	2017	
	GWh/ GWh		
Brasil/ Brazil	578 898	587 962	1,6
Rondônia	23 163	34 238	47,8
Acre	241	189	(-) 21,5
Amazonas	6 699	7 070	5,5
Roraima	156	120	(-) 23,4
Pará	31 774	43 002	35,3
Amapá	1 891	2 660	40,6
Tocantins	8 282	7 484	(-) 9,6
Maranhão	14 741	14 400	(-) 2,3
Piauí	3 619	5 552	53,4
Ceará	14 343	15 547	8,4
Rio Grande do Norte	13 766	15 922	15,7
Paraíba	1 496	1 895	26,6
Pernambuco	10 998	11 767	7,0
Alagoas	8 504	6 138	(-) 27,8
Sergipe	4 333	2 979	(-) 31,2
Bahia	21 279	21 827	2,6
Minas Gerais	47 070	44 922	(-) 4,6
Espírito Santo	9 179	7 990	(-) 13,0
Rio de Janeiro	50 728	57 965	14,3
São Paulo	73 460	72 576	(-) 1,2
Paraná	109 880	96 817	(-) 11,9
Santa Catarina	28 116	21 150	(-) 24,8
Rio Grande do Sul	33 229	30 230	(-) 9,0
Mato Grosso do Sul	24 303	24 129	(-) 0,7
Mato Grosso	13 428	19 952	48,6
Goiás	24 135	21 375	(-) 11,4
Distrito Federal/ Federal District	85	67	(-) 21,2

Fonte/Source : Balanço energético nacional 2018: ano base 2017. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2017. Disponível em/Available from : <<https://ben.epe.gov.br>>. Acesso em: jan. 2019/
 Cited: Jan . 2019.

Nota: Inclusive geração de autoprodutores./Note: Including generation from auto-producers.

Tabela 13.3 - Produção de petróleo e oferta interna de energia, por países selecionados - 2017

Table 13.3 - Petroleum production and total primary energy supply, by selected country - 2017

Países selecionados/ Selected countries	Produção de petróleo (1 000 bbl/dia) (1) / Petroleum production (1,000 barrels per day) (1)	Oferta interna de energia/ Total primary energy supply	
		Total (10 ⁶ tep)/ Total (10 ⁶ toe)	tep per capita/ toe per capita
Alemanha/ Germany	142	314	3,82
Argentina/ Argentina	480	86	1,94
Brasil/ Brazil	2 707	293	1,40
Canadá/ Canada	4 856	291	7,95
Chile/ Chile	6	38	2,11
Estados Unidos/ United States	14 309	2 137	6,59
França/ France	95	245	3,77
Itália/ Italy	108	154	2,59
Japão/ Japan	25	429	3,37
Reino Unido/ United Kingdom	1 026	176	2,66

Fonte/Source: International Energy Agency - IEA.

(1) Inclusive NGL - Líquidos de Gás Natural. / (1) Including NGL - Natural Gas Liquids.

Gráfico 13.1 - Produção de energia primária - Brasil - 2005-2017

Graph 13.1 - Primary energy production - Brazil - 2005-2017

Fonte/Source: Balanço energético nacional 2018: ano base 2017. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2017. Disponível em/Available from: <<https://ben.epe.gov.br>>. Acesso em: jan. 2019/Cited: Jan. 2019.

(1) Inclui energia eólica, energia solar, biodiesel, lixívia e outros resíduos renováveis. / (1) Includes wind, solar, biodiesel, black liquor and other renewable wastes. (2) Inclui carvão mineral vapor e metalúrgico, urânio e gases industriais. / (2) Includes steam and metallurgical coal, Uranium and industrial gases.

Tabela 13.4 - Potencial hidrelétrico, segundo as bacias hidrográficas - 2018
Table 13.4 - Hydroelectric potential, according to river basin - 2018

Bacias hidrográficas/ River basins	Potencial hidrelétrico (Potência instalada-MW)/ Hydroelectric potential (Installed power- MW)				
	Total/ Total	Em operação/ In operation	Inventário/ Inventory	Estimado/ Estimated	Outros (1)/ Others (1)
Total/ Total	246 241	107 421	72 774	43 618	22 428
Amazônica/ Amazon	94 935	23 246	38 538	30 595	2 556
Tocantins/ Tocantins	26 936	13 253	8 383	1 875	3 425
Atlântico Norte e Nordeste/ North and Northeast Atlantic	2905,4	812	871	707	516
São Francisco/ São Francisco	22 606	10 786	3 649	1 561	6 610
Atlântico Leste/ Eastern Atlantic	13 987	5 455	5 759	1 423	1 350
Paraná/ Paraná	62 789	43 636	9 645	5 086	4 423
Uruguai/ Uruguay	11 729	6 415	4 059	342	913
Atlântico Sudeste/ Southeast Atlantic	10 353	3 818	1 870	2 031	2 634

Fonte/Source: Potencial hidrelétrico brasileiro por bacia hidrográfica. In: Eletrobras. Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro (Sipot). Rio de Janeiro: [2018]. Disponível em/Available from : <<http://eletrobras.com/pt/AreasdeAtuacao/geracao/sipot/PotencialHidre%C3%A9tricoBrasileiro-Bacia-Dezembro2017.pdf>>. Acesso em/Cited : Jan. 2019.

Nota: Dados de dezembro 2018./Note: Data for December 2018.

Gráfico 13.2 - Evolução da oferta interna de energia - Brasil - 2005-2017
Graph 13.2 - Primary Energy Supply - Brazil - 2005-2017

Fonte/Source: Balanço energético nacional 2018: ano base 2017. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2017. Disponível em/Available from: <<https://ben.epe.gov.br>>. Acesso em: jan. 2019/Cited: Jan. 2019.

(1) Inclui energia eólica, energia solar, biodiesel, lixívia e outros resíduos renováveis./ Includes wind, solar, biodiesel, black liquor and other renewable wastes. (2) Inclui carvão mineral vapor e metalúrgico, urânio e gases industriais./Includes steam and metallurgical coal, Uranium and industrial gases.

Gráfico 13.3 - Evolução do consumo final de energia, por fonte - Brasil - 2005-2017

Graph 13.3 - Evolution of final energy consumption, by source - Brazil - 2005-2017

Fonte/Source: Balanço energético nacional 2018: ano base 2017. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2017. Disponível em/Available from: <<https://ben.epe.gov.br>>. Acesso em: jan. 2019/Cited: Jan. 2019.

Gráfico 13.4 - Evolução do consumo final de energia, por setor - Brasil - 2005-2017

Graph 13.4 - Evolution of final energy consumption, by sector - Brazil - 2005-2017

Fonte/Source: Balanço energético nacional 2018: ano base 2017. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2017. Disponível em/Available from: <<https://ben.epe.gov.br>>. Acesso em: jan. 2019/Cited: Jan. 2019.

Gráfico 13.5 - Dependência externa de energia, por fonte - Brasil - 2005-2017

Graph 13.5 - Dependence on foreign energy, by source - Brazil - 2005-2017

Fonte/Source: Balanço energético nacional 2018: ano base 2017. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2017. Disponível em/Available from: <<https://ben.epe.gov.br>>. Acesso em: jan. 2019/Cited: Jan. 2019.

Nota: Valores negativos correspondem a exportação líquida./Note: Negative values correspond to net export.

Gráfico 13.6 - Evolução do consumo final de energia em relação ao valor agregado, por setor - Brasil - 2005-2017

Graph 13.6 - Final energy consumption in relation to the added value, by sector - Brazil - 2005-2017

Fonte/Source: Balanço energético nacional 2018: ano base 2017. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2017. Disponível em/Available from: <<https://ben.epe.gov.br>>. Acesso em: jan. 2019/Cited: Jan. 2019.

Nota: Dólar constante PPC de 2011./Note: Constant PPP dollar of 2011.

(1) Inclusive consumo residencial./Including residential consumption. (2) Não inclui transportes./Not including transportation.

Gráfico 13.7 - Participação de fontes renováveis na matriz energética - 2017-2018

Graph 13.7 - Share of renewable sources in the energy matrix - 2017-2018

Fontes/Sources: 1. Resenha energética brasileira 2018. Ano base 2017. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2018. Disponível em/Available from: <<http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>>. Acesso em: jan. 2019/Cited: Jan. 2019. 2. Agência Internacional de Energia/International Energy Agency.

Gráfico 13.8 - Importação de derivados de petróleo e outros combustíveis - Brasil - 2008-2017

Graph 13.8 - Imports of petroleum products and other fuels - Brazil - 2008-2017

Fonte/Source: Balanço energético nacional 2018: ano base 2017. Brasília, DF: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2018. Disponível em/Available from: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes>>. Acesso em: maio 2019/Cited: May 2019.

Gráfico 13.9 - Consumo final de energia do setor industrial e por PIB de cada setor - Brasil - 2008-2017

Graph 13.9 - Final consumption of energy in the industrial sector and by GDP of the industrial sector - Brazil - 2008-2017

Fonte/Source: Balanço energético nacional 2018: ano base 2017. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2018. Disponível em/Available from: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes>>. Acesso em: maio 2019/Cited: May 2019