

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS PAÍSES DA ÁSIA COM MAIORES PRODUÇÕES DE ENERGIA HIDRELÉTRICA

*Armando Menegati Neto¹; Cleylse Andreia Souza Lima¹; João Paulo Ottonelli¹;
Paulo Victor Freitas Lopes¹; José Antonio Guarienti¹; Marcos Mota Medalha Júnior¹;
Aleska Kaufmann Almeida¹ & Isabel Kaufmann de Almeida^{1*}*

RESUMO – O crescimento econômico aumentou a busca por novas fontes de energias para suprir a demanda. A falta de estímulo em fontes renováveis é majoritariamente suprida pelo aumento de combustíveis fósseis na geração de energia elétrica, indicando a tendência de mercado global. Em muitos países, inúmeras áreas ainda não são exploradas devidamente, mantendo recursos que prejudicam o meio ambiente. Durante as últimas duas décadas, o crescimento econômico no nordeste da Ásia aumentou a demanda energética. No entanto, no mercado asiático o potencial hidrelétrico ainda é subexplorado em países em desenvolvimento em relação às outras fontes energéticas. Esse trabalho tem como intuito analisar a geração de energia elétrica das principais matrizes energéticas na Ásia em países com as maiores gerações hidrelétricas anuais.

ABSTRACT – Economic growth has increased the demand for energy sources to meet demand. The lack of stimulus in renewable sources is driven mainly by the increase of fossil fuels in electric power generation, indicating the global market trend. In many countries, many areas are still not adequately exploited, while retaining resources that harm the environment. During the second decade, economic growth in northeastern Asia increased energy demand. However, in the Asian market, hydroelectric potential is still underexploited in developing countries relative to other energy sources. The objective of this work is to analyze the electric power generation of the main energy matrixes of Asia in countries with the largest annual hydroelectric generation.

Palavras-Chave – Potencial de energia. Hidrelétricas. Recursos energéticos.

¹) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia. Cidade Universitária, CEP 79070-900. Campo Grande, MS.

* Autor Correspondente: isabel.almeida@ufms.br

INTRODUÇÃO

Durante as últimas duas décadas, o crescimento econômico no nordeste da Ásia aumentou a demanda energética. Essa necessidade acarretou em diversos problemas ambientais, a China teve aumento de gás de efeito estufa na atmosfera e também na emissão de poluentes, prejudicando a qualidade local do ar. Os países do nordeste da Ásia apresentam a maior importação de gás natural e além de um mercado crescente de importação de óleo. Esses países possuem grandes fontes de gás natural, óleo, carvão, e, no caso da Rússia e China potencial hidrelétrico, entretanto o potencial elétrico se encontra afastado das grandes zonas de consumo (Von Hippel *et al.*, 2011).

De acordo com Malla (2009), nos últimos 15 anos, a Ásia apresentou crescimento anual de 6.8% na geração de energia, na China esse crescimento foi de 9.7% e na Índia 6.1%. Esse crescimento teve como principal agente os combustíveis fósseis, que até 2005 eram responsáveis por 82% da matriz energética, sendo carvão o mais utilizado. O Japão, no mesmo ano, gerou 63% de energia por combustíveis fósseis, permanecendo abaixo da média dos países asiáticos devido ao aumento na geração de energia nuclear.

As principais fontes de energia do Paquistão são de origem fóssil, sendo o gás responsável por 35.5% e o óleo 28.5%. Já, a geração hidrelétrica representa 33% da participação energética do país. Como o Paquistão está em desenvolvimento, logo apresenta uma crescente demanda energética, porém o fornecimento elétrico do país não segue a mesma taxa de crescimento, fazendo com que a cada ano aumente a lacuna entre geração e demanda (Jasif, 2009).

A Electricity of Vietnam é uma empresa de monopólio estatal estabelecida em 1994, responsável pela geração elétrica, distribuição e transmissão no Vietnã. Segundo Nguyen e Ha-Duong (2009), o sistema de geração elétrico vietnamita consiste de centrais térmicas a base de gás (39%), Hidrelétricas (37%) e centrais térmicas a base de carvão (16%), sendo cada vez mais importante ao longo dos anos.

Segundo Mohr *et al.* (2015), a produção de carvão, óleo e gás apresentará forte crescimento até 2025 e irá estagnar pelos próximos 50 anos. Segundo os autores, na China, a produção de carvão foi a que mais contribuiu para o aumento do uso de combustíveis fósseis e emissão de gases do efeito estufa. Os autores afirmam ainda que o pico da produção de carvão chinesa será antecipada para 2021.

Sendo assim, neste trabalho foram analisados os países asiáticos com maior produção de energia hidrelétrica, objetivando na projeção comportamental de geração de energia elétrica via fontes hídricas e não renováveis, através da coleta e comparação dos dados da literatura com a produção de energia em cada país analisado.

METODOLOGIA

Os principais geradores de energia hidrelétrica do continente Asiático são China, Rússia, Índia, Japão, Paquistão e Vietnã. A partir disso, foram coletados dados da plataforma IEA (International Energy Agency), e analisados a cada 5 anos entre 1990 e 2015 em adição aos dados de 2016. E ainda, usou-se a variação dos coeficientes angulares dos dados de geração de energia a fim de se descobrir o comportamento das séries ao longo dos anos.

China

O uso abundante de carvão na China está relacionado a diversas circunstâncias, dentre elas, devido aos grandes estoques do mineral no país, controle rigoroso dos preços da commodity, custo de geração do KWh e falta de consciência ambiental por muitas décadas. Hoje, após décadas de rápido crescimento econômico e aumento da demanda energética, cidadãos chineses estão preocupados com o meio ambiente. Como resultado, os governantes começaram a reconhecer a necessidade de fontes de energia mais limpa, particularmente gás natural e hidroeletricidade (Crompton e Wu, 2005). A hidrelétrica com maior potência instalada no mundo é a UHE Três Gargantas na China, com potencial instalado de 22500 MW (China Three Gorges Corporation, 2019).

Rússia

Em 2010, a Rússia apresentou potencial energético instalado correspondente a 220 GW e sua previsão é expandir para 323 GW em 2030. A geração via queima de materiais representa 68% da produção energética do país, enquanto que o percentual hidrelétrico é 21% e a energia nuclear 10.7%. Pequenas centrais hidrelétricas representam menos que 1% da produção elétrica. Em 2009 o acidente da Hidrelétrica de Sayano-Shushenskaya mostrou que o sistema hidrelétrico russo precisa de modernização (Boute, 2012).

Índia

Para a Índia, em 2032, a previsão é que a demanda energética atual seja de quatro a cinco vezes superior, que a potência instalada seja de 5 a 7 vezes maior e consumo de óleo 3 a 6 vezes maior. Visto o crescimento da demanda energética e apesar da perspectiva do aumento de combustíveis fósseis, o país tem como objetivo se tornar um dos líderes mundiais em energia limpa. Em 2010 a potência hidrelétrica instalada era de 25% da produção, junto com as outras fontes renováveis somava 34% da potência total. A presença de recursos renováveis como biomassa, radiação, vento e potencial de pequenas hidrelétricas são determinantes para o sucesso do objetivo (Pillai e Banerjee, 2009).

Japão

Em 1973, 75% da energia produzida no Japão era proveniente da queima do óleo, e a crise do óleo fez com que a fragilidade do mercado energético japonês fosse revelado. A partir disso foi criado o Projeto Sunshine, com objetivo de promover o uso de energia solar. Em 1980, a lei “Law Concerning the Promotion of the Development and Introduction of Alternative Energy” promovia o desenvolvimento de energias de uso alternativo, cujo objetivo era diminuir a dependência do país ao uso do óleo. Como resultado dessas medidas, antes de 1990, 95% das pequenas centrais hidrelétricas japonesas que estão em funcionamento atualmente foram construídas. A previsão de potência hidrelétrica instalada até 2020 é de 21 GW (Chen *et al.*, 2014).

Paquistão

Em 2003, 86% da energia gerada no Paquistão era de origem fóssil, sendo que parte dessa energia era gerada por óleo importado de outros países. A maioria da população vive em áreas rurais remotas sem acesso a grandes centros distribuidores. Na parte norte do país existem áreas propícias para produção de energia hidrelétrica, como cachoeiras naturais. O potencial hidrelétrico ultrapassa 41 GW (Chaudhry *et al.*, 2009).

Vietnã

Em 1989, o governo vietnamita realizou a reforma econômica que abriu o país para investimento externo, privatizações e reformas liberais. O resultado disso foi o crescimento econômico anual de 7.6%, e em consequência, o aumento da demanda energética local. Para suprir a necessidade energética do país, deseja-se que a geração hidrelétrica do país seja de 59.6 TWh/ano em 2020 e de 69.7 TWh/ano em 2030, segundo os planos de projetos. De acordo com estudos preliminares o Vietnã tem o potencial para instalação de até 20 GW, instalados em pequenas hidrelétricas de 10 MW até micro geradoras de 0.1 KW (Toan *et al.*, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O aumento de geração energética na China tem como principais fontes o carvão e as hidrelétricas, seguidas pela eólica e gás natural (Figura 1-a). A queima do carvão para produção de energia e a geração hidrelétrica aumentou 9 vezes em apenas 16 anos, a fim de suprir o constante aumento da demanda energética proporcionado por 3 décadas de forte crescimento econômico. As energias eólica e nuclear apresentaram grande crescimento (Figura 5), entretanto em 2016 foram responsáveis por menos de 8% da energia gerada. Enquanto que carvão e hidrelétrica representavam 68% e 19%, respectivamente.

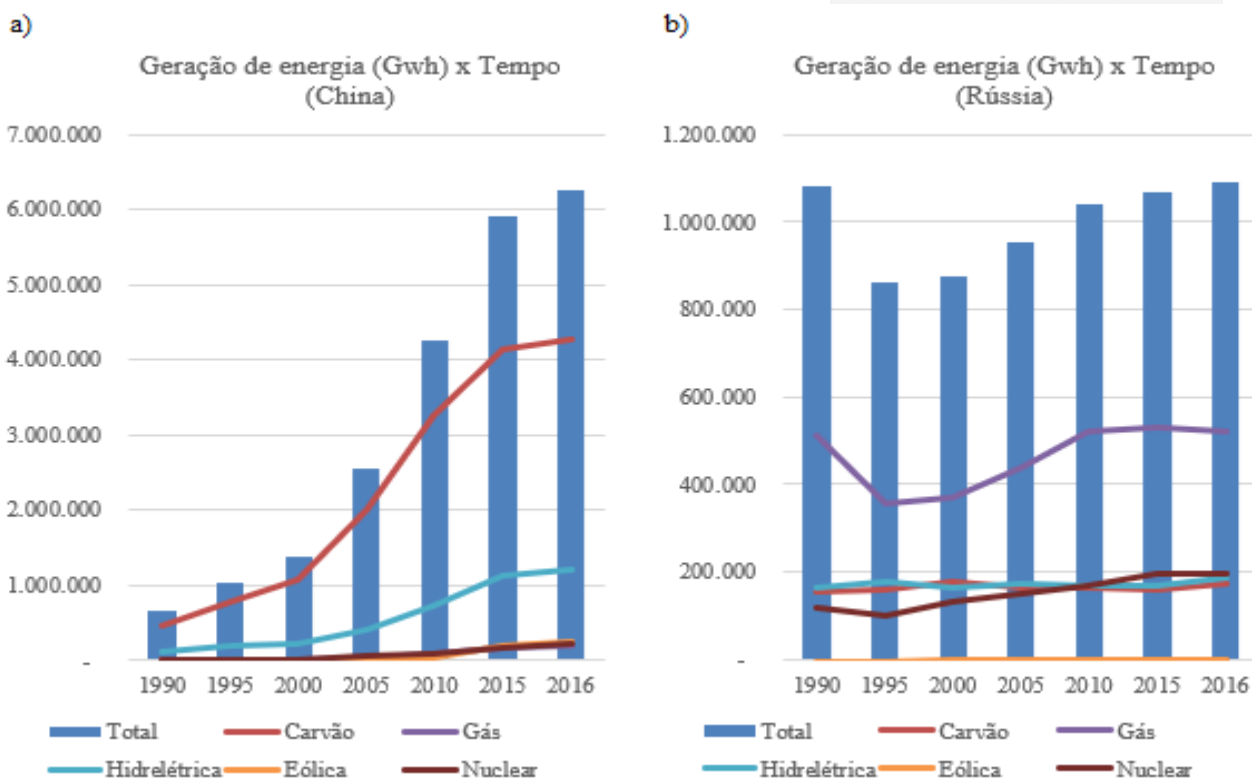


Figura 1 - Matrizes elétricas chinesas (a) e russas (b)

Segundo Blyashko (2010), na Rússia, pequenas centrais hidrelétricas começaram a ser instaladas no século 20, na antiga União Soviética, totalizando 8500 unidades em atividade. Essas estações eram majoritariamente em áreas rurais para suprir as demandas locais. Entretanto, no começo do século 21 as hidrelétricas foram consideradas economicamente ineficientes, e logo foram desativadas, restando não mais que 300 unidades. Em 2006, tiveram a iniciativa de projetar novas centrais hidrelétricas, porém esses projetos não saíram do papel (Blyashko, 2010). Em 2016 o gás natural representou a maior matriz energética utilizada no país (47%), seguido pela energia nuclear (18%) e hidrelétrica (17%) (Figura 1-b).

A Índia apresenta um potencial hidrelétrico para pequenas centrais hidrelétricas estimado em 15 GW, entretanto apenas 16% desse potencial foi explorado. O país possui mais de 5415 áreas identificadas como propícias para implementação desse tipo de unidade geradora, sendo o Himalaya a região mais adequada para esses projetos (Nautiyal *et al.*, 2011). Ainda segundo os autores, atualmente o governo indiano fornece apoio financeiro para o estado e empresas privadas que identifiquem áreas e instalem novas PCH's. Apesar disso o aumento do uso do carvão como matriz energética aumentou quase 6 vezes, e em 2016 foi responsável por 75% da produção energética do país (Figura 4), enquanto que a hidrelétrica representou apenas 12,4% (Figura 3).

No Paquistão, segundo Rafique e Rehman (2017), existe uma grande diferença que cresce dia após dia entre a oferta e demanda de fornecimento de energia elétrica, devido aos limitados recursos disponíveis para sua produção. A principal obtenção de energia nesse país é através da exploração de

combustíveis fósseis, e de acordo com a *National oil and gas Development Company of Pakistan*, os recursos serão esgotados até 2025, se continuarem a serem explorados. Segundo Wasti (2015), a capacidade de geração de energia instalada no Paquistão em 2010 era de aproximadamente 20190 MW, incluindo nesse valor a energia térmica (carvão, gás e combustíveis líquidos), hídrica, nuclear e por fontes renováveis, sendo a produção de energia hidrelétrica representada por um total de 32,5%, totalizando 6595 MW. Ainda segundo Wasti (2015), a disponibilidade de energia tem ficado continuamente aquém da demanda de 24.474 MW e, como resultado, o país vem enfrentando escassez de energia de graus variados em diferentes partes do país.

De acordo com Hong *et al.* (2013), o governo japonês começou a rever o cenário energético do país após o incidente de Fukushima Daiichi em 2011. E, a partir de 2012 os conselheiros governamentais anunciaram o esboço para a redução da dependência no Japão em relação a energia nuclear e substituí-la por matrizes renováveis e fósseis. Esse cenário também inclui uma grande diminuição no consumo. Durante 1990 e 2010 o estímulo da geração de energia nuclear era facilmente perceptível no Japão, com mudança de pensamento do governo japonês, o gás natural, carvão e energia fotovoltaica foram as principais matrizes escolhidas para suprir o déficit de produção energética (Figura 4).

O Vietnã é dotado de reservas de óleo, gás e carvão, além disso os recursos naturais para energias renováveis são abundantes, em especial o hídrico, eólico e solar. Entretanto devido a entraves a geração elétrica de matrizes renováveis é pouco explorada. Em 2004 a geração hidrelétrica representou um terço da produção energética do país, embora 75% do potencial hidrelétrico do país ainda não foi explorado. Além das matrizes citadas anteriormente, o Vietnã planeja inaugurar sua primeira usina nuclear até 2020 para suprir a demanda energética (Uddin *et al.*, 2009). Em 2016 o carvão, gás natural e hidrelétricas representam 99% da geração energética do país (Figura 2).

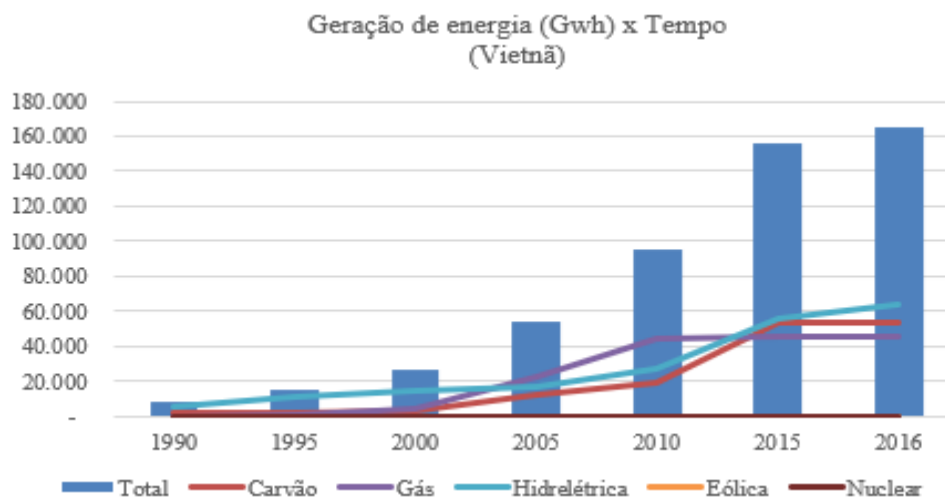


Figura 2 – Matrizes elétricas vietnamitas.

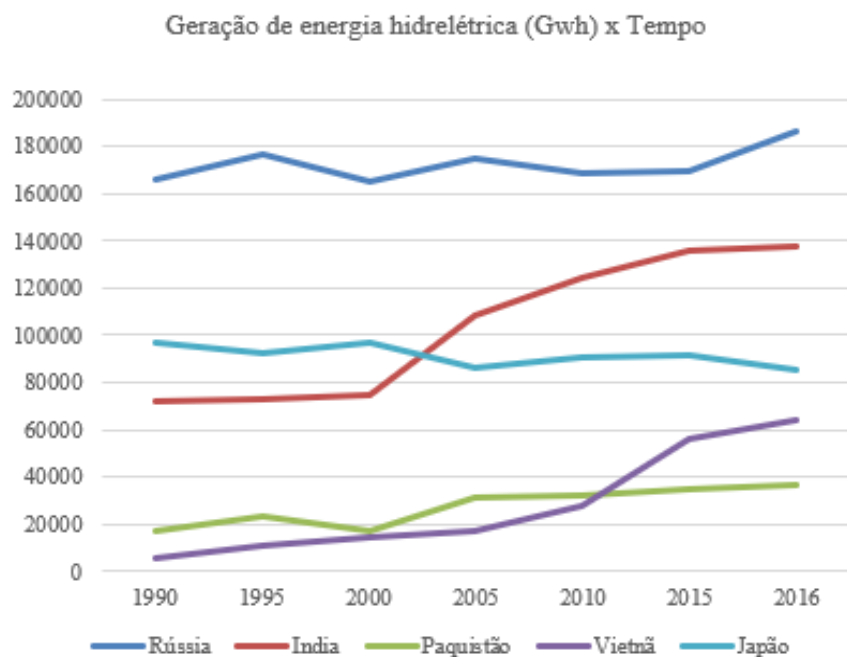


Figura 3 – Geração hidrelétrica dos países estudados, com exceção da China.

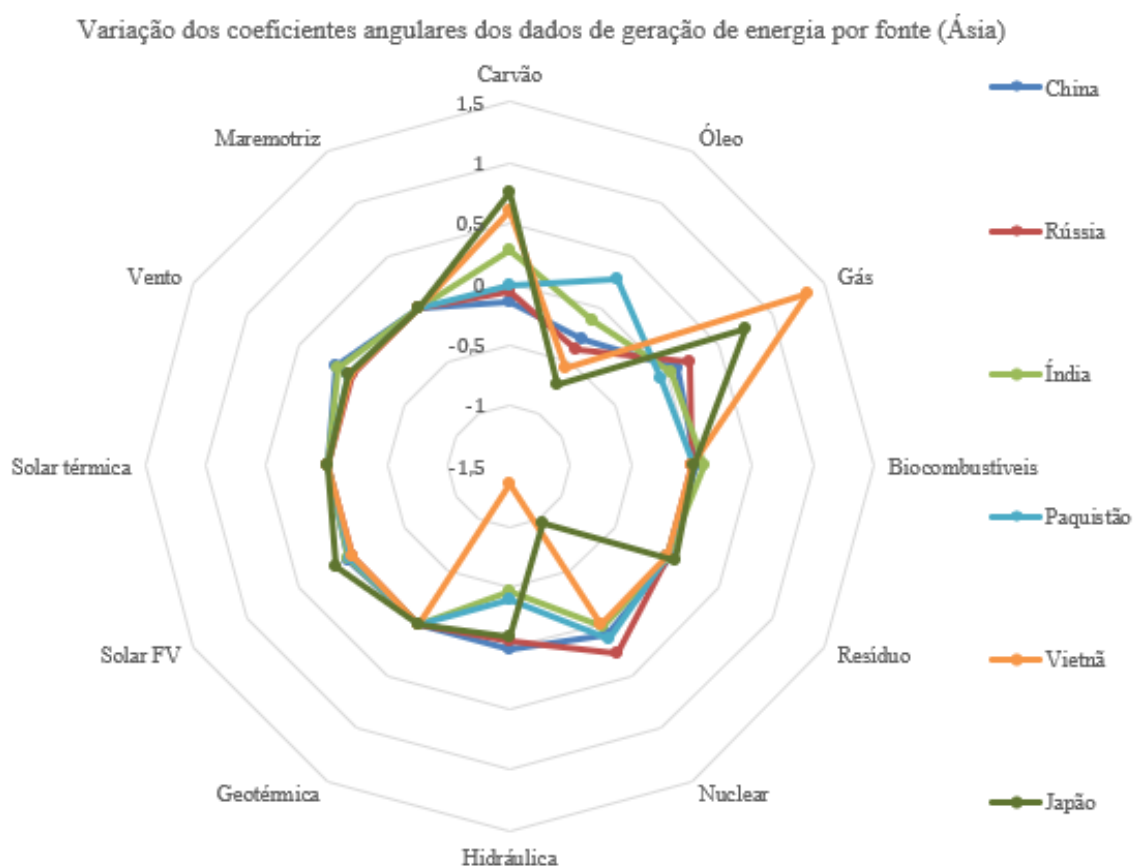


Figura 4 – Coeficientes angulares de geração de energia dos países estudados, em 2016.

CONCLUSÕES

Mesmo com o contínuo aumento da geração de energia via matrizes fósseis, a China apresenta tendência a diminuição da participação desse tipo de energia na produção total do país. Enquanto energias menos poluentes, como a eólica e nuclear, tem participação anual cada vez mais efetiva no total energético produzido no país. Apesar de investimentos feitos no setor hidrelétrico, esse tipo de produção de energia apresentou baixa variação na participação ao longo dos anos estudados na geração total.

Mesmo com tentativas de aumentar a participação da energia hidrelétrica na Rússia, observou-se uma diminuição de interesse nesse tipo de produção. A fim de suprir a demanda energética do país, a energia nuclear teve um aumento substancial e o gás aumentou sua parcela de participação após baixas entre 1990 e 2000.

O potencial hidrelétrico da Índia continua subexplorado, mesmo havendo aumento na geração de energia por essa fonte. As alternativas encontradas pelo país para suprir o mercado energético local são expressas no aumento da participação de combustíveis fósseis, principalmente do carvão, além do aumento contínuo do uso de energias limpas, por mais que a participação dessas não tenha apresentado aumento significativo na participação de geração total.

Apesar de possuir um potencial de produção hidrelétrica expressivo, o Paquistão explora apenas 15% dessa capacidade. Esse tipo de energia vem aumentando com o passar dos anos, porém a sua participação no total energético gerado pelo país vem apresentando um leve declínio. Isso se dá devido ao aumento do uso de fontes fósseis e da energia nuclear.

No Vietnã, o aumento da demanda energética vem sendo suprido principalmente pelo aumento de geração elétrica de carvão, gás e hidrelétricas. Com o passar dos anos a contribuição percentual das hidrelétricas para total energético gerado no país diminuiu, perdendo espaço para as fontes fósseis.

O Japão é o país que mais estimula o uso de fontes renováveis, exceto a hidrelétrica que apresentou diminuição na geração elétrica ao longo dos anos. A principal característica do mercado energético japonês foi a brusca diminuição do uso de energia nuclear, que foi suprida pelo aumento do consumo de carvão e gás natural.

AGRADECIMENTOS – Ao Grupo de Pesquisa ModelHy, à Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – FUFMS, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

REFERÊNCIAS

- ASIF, M. (2009). “*Sustainable energy options for Pakistan*”. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(4), pp. 903-909.
- BLYASHKO, Y. I. (2010). “*Modern trends in the development of small hydro power around the world and in Russia*”. Thermal engineering, 57(11), pp. 953-960.
- BOUTE, A. (2012). “*Promoting renewable energy through capacity markets: An analysis of the Russian support scheme*”. Energy Policy, 46, pp. 68-77.
- CHAUDHRY, M. A.; RAZA, R.; HAYAT, S. A. (2009). “*Renewable energy technologies in Pakistan: prospects and challenges*”. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(6-7), pp. 1657-1662.
- CHEN, W.-M.; KIM, H.; YAMAGUCHI, H. (2014). “*Renewable energy in eastern Asia: Renewable energy policy review and comparative SWOT analysis for promoting renewable energy in Japan, South Korea, and Taiwan*”. Energy Policy, 74, pp. 319-329.
- CTG. (2019). China Three Gorges Corporation. Disponível em: <https://www.ctg.com.cn/english/>
- CROMPTON, P; WU, Y. (2005). “*Energy consumption in China: past trends and future directions*”. Energy economics, v. 27, n. 1, p. 195-208.
- HONG, S.; BRADSHAW, C. J.; BROOK, B. W. (2013). “*Evaluating options for the future energy mix of Japan after the Fukushima nuclear crisis*”. Energy Policy, 56, pp. 418-424.
- IEA. (2019). International Energy Agency. Disponível em: <https://www.iea.org/>
- MALLA, S. (2009). “*CO2 emissions from electricity generation in seven Asia-Pacific and North American countries: A decomposition analysis*”. Energy Policy, 37(1), pp. 1-9.
- MOHR, S. H.; WANG, J.; ELLEM, G.; WARD, J.; GIURCO, D. (2015). “*Projection of world fossil fuels by country*”. Fuel, 141, pp. 120-135.
- NAUTIYAL, H.; SINGAL, S. K.; VARUN; SHARMA, A. (2011). “*Small hydropower for sustainable energy development in India*”. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(4), pp. 2021-2027.
- NGUYEN, N. T.; HA-DUONG, M. (2009). “*Economic potential of renewable energy in Vietnam's power sector*”. Energy Policy, 37(5), pp. 1601-1613.
- PILLAI, I. R.; BANERJEE, R. (2009). “*Renewable energy in India: Status and potential*”. Energy, 34(8), pp. 970-980.
- RAFIQUE, M.M.; REHMAN, S. (2017). “*National energy scenario of Pakistan—current status, future alternatives, and institutional infrastructure: an overview*”. Renew Sustain Energy Rev, 69, pp. 156-167.
- TOAN, P. K.; BAO, N. M.; DIEU, N. H. (2011). “*Energy supply, demand, and policy in Viet Nam, with future projections*”. Energy Policy, 39(11), pp. 6814-6826.
- UDDIN, S. N.; TAPLIN, R.; YU, X. (2009). “*Sustainable energy future for Vietnam: evolution and implementation of effective strategies*”. International Journal of Environmental Studies, 66(1), pp. 83-100.

VON HIPPEL, D.; SAVAGE, T.; HAYES, P. (2011). *“Overview of the Northeast Asia energy situation”*. Energy policy, 39 (11), pp. 6703-6711.

WASTI, S. E. (2015). *“Economic survey of Pakistan 2014-15”*. Islamabad: Government of Pakistan.