

Eixo Temático ET-04-006 - Energia

OS BENEFÍCIOS DA USINA NUCLEAR DE ITACURUBA PARA O SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIROLuiz Filipe Alves Cordeiro¹, Maria Helena de França Barros²

¹Professor Doutor do Mestrado em Tecnologia Ambiental - ITEP e pesquisador da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, filipecordeiro@gmail.com (autor para correspondência).

²Mestranda em Tecnologia Ambiental – ITEP, helenafrancabarro@bol.com.br.

RESUMO

O sistema elétrico brasileiro é composto predominantemente pela hidroeletricidade. Porém, nos últimos tempos, o baixo nível dos reservatórios tem levado a uma crescente demanda por energia termelétrica e as ações de Planejamento Energético consideram a expansão relativa do parque térmico brasileiro. Constata-se que por falta de um planejamento adequado, o sistema elétrico brasileiro não apresenta segurança energética, econômica e nem ambiental. O presente estudo, objetiva analisar o atual planejamento do sistema elétrico brasileiro e apontar propostas que visam diversificar a matriz energética brasileira, trazendo como benefícios um sistema robusto que proporcione a redução gradual dos custos de geração, confiabilidade no fornecimento pela tecnologia adequada e por fim, a redução dos impactos ambientais através da redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Esse trabalho demonstra que com a implantação da Usina Nuclear de Itacuruba toda a sociedade, e mais especificamente a população ao longo do rio será beneficiada, tanto com a minimização da escassez de água, bem como com a mitigação das emissões de dióxido de carbono para a atmosfera.

Palavras-chave: Energia Nuclear, Meio Ambiente, Rio São Francisco.

INTRODUÇÃO

A alteração do clima é um fenômeno natural e ao longo de anos sempre apresentou mudanças durante toda a história da Terra. Mas, é surpreendentemente notável a alteração climática dos últimos tempos e, conforme constantemente transmitida na mídia tem sido afirmado pelos cientistas um fenômeno atípico. No Acordo de Copenhague (2009), foi noticiada uma declaração ainda mais preocupante: “A mudança climática é um dos maiores desafios do nosso tempo” (COPENHAGEN ACCORD, 2009). Sabe-se que muitos estudos já confirmam que o aumento da temperatura média da Terra e consequentemente o aumento do nível dos oceanos causado pelo derretimento das geleiras, são frutos da intensificação dos gases do efeito estufa.

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), as emissões de gases do efeito estufa (GEEs) provenientes de atividades humanas cresceram 70% entre 1970 e 2004 (IPCC, 2007). Do total de emissões antropogênicas, 77% correspondiam ao dióxido de carbono (CO₂), que no mesmo período teve um aumento de 21 para 38 gigatoneladas (Gt). O aumento de emissões de dióxido de carbono equivalente foi bem maior no período de 1995 a 2004, do que de 1970 a 1994. Os setores que mais contribuíram para o aumento de emissões foram energia, transporte, indústria e em um ritmo menor os edifícios comerciais e residenciais. Atualmente, estudos relatam que o planeta está próximo aos 50 Gt CO₂ e poderá chegar a 61 Gt em 2020 e 70 Gt em 2030. Discute-se sobre a capacidade da Terra de absorver tais emissões e números científicos apontam que as emissões na Terra estão atualmente cerca de quatro vezes superiores a essa capacidade (entre 6 e 9 Gt CO₂), em um processo que teve início em meados do século XIX, com a Revolução Industrial. Sendo assim, em março de 2009, na Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre Mudanças Climáticas em Copenhague (COPENHAGEN ACCORD, 2009), os governos decidiram

coletivamente que o mundo precisa para limitar a aumento da temperatura média global a não mais que 2 graus Celsius e as negociações internacionais estão empenhados para esse fim (IEA, 2013).

Os mais recentes estudos realizados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), detalha aos governantes o que precisa ser feito para conter as mudanças climáticas globais e os seus efeitos. E chegaram as seguintes conclusões do documento do IPCC:

- As emissões de GEE aceleram, apesar de esforços de redução. A maior parte do crescimento de emissões é de CO₂, que provém da queima de combustíveis fósseis;
- As emissões aumentam com o crescimento econômico e populacional;
- a média da temperatura global pode aumentar de 3,7 a 4,8 graus Celsius no século 21;
- É urgente a necessidade de mudanças tecnológicas e institucionais, incluindo o aprimoramento de fontes de energia de baixo ou zero carbono;
- Atrasar a adoção de ações de mitigação vai aumentar a dificuldade e reduzir as opções disponíveis para se limitar o aquecimento global em 2 °C;
- A mitigação demanda mudanças em toda a economia. Esforços em um setor determinam esforços de mitigação em outros;
- Reduções substanciais nas emissões requerem grandes mudanças nos padrões de investimentos;

Adicionalmente a todas questões mundiais, nacionais e locais referente às mudanças climáticas, constata-se que às margens do Rio São Francisco; os agricultores e a população ribeirinha tenha sofrido com as escassez de água, muitas vezes, represadas para geração de energia.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No que diz respeito ao impacto das mudanças climáticas sobre o setor de energia elétrico brasileiro determinaram o impacto das mudanças no clima, em especial sobre a hidroeletricidade, a geração termelétrica a gás natural e a demanda de eletricidade. Para a geração hidrelétrica no Brasil, o impacto projetado mostra uma perda da confiabilidade da geração de energia firme da ordem de 30% para alguns cenários analisados (LUCENA et al., 2009b). Assim, as mudanças climáticas podem representar um desafio do ponto de vista de segurança energética. A possível vulnerabilidade de fontes de energia, em especial de fontes renováveis, à mudança climática coloca a necessidade de identificar medidas de adaptação.

Conforme Lucena et al. (2009b), a menor confiabilidade do sistema de geração hidrelétrica pode levar a uma necessidade de maior capacidade instalada de outras fontes, notadamente gás natural, mas também nuclear/carvão, bagaço de cana e geração eólica. O sistema elétrico brasileiro projetado para 2035 teria que aumentar a capacidade de geração de energia em quase 160 TWh, respectivamente, para compensar a perda de capacidade firme de UHE, esta capacidade extra instalada seria composta, sobretudo, por plantas termelétricas a gás natural, cogeração mais eficiente a partir de bagaço de cana de açúcar e geração através de energia eólica.

No que diz respeito à segurança energética, no Brasil, percebe-se uma grande insegurança. Levantamento feito pelo Centro Brasileiro de Infra Estrutura (CBIE) revela um dado alarmante quanto à dificuldade que o sistema elétrico nacional tem para atender às necessidades do país. Entre 2011 e primeiro trimestre de 2014, foram registrados 181 apagões. O cálculo leva em conta todas as falhas no fornecimento de energia, independentemente do tamanho da área afetada, período de interrupção ou da carga interrompida. Abaixo são descritos os de proporções maiores:

- Em 10 de novembro de 2009, devido a um inédito desligamento total da usina hidroelétrica de Itaipu Binacional, 18 estados brasileiros ficaram totalmente ou parcialmente sem energia, sendo a região sudeste a mais afetada, o blecaute que afetou 18 Estados na noite de terça-feira causou prejuízos que podem ter ultrapassado R\$ 1 bilhão. Ao todo 60 milhões de pessoas foram afetadas de 3 a 6 horas sem energia. Esse é considerado o quinto pior apagão do mundo e o segundo pior do Brasil, perdendo apenas para o de 1999 no Brasil em que 95 milhões de consumidores ficaram sem eletricidade.

- Em 04 de fevereiro de 2011 - O blecaute atingiu pelo menos sete estados: Alagoas, Sergipe, Pernambuco, Paraíba, Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte.

- Em 22 de setembro de 2012 - outro grande problema no setor elétrico foi registrado no Nordeste Brasileiro.

- Em 3 de outubro de 2012 - novo blecaute registrado por falha em transformador de Itaipu afetou cinco Estados.

- Em 4 de outubro de 2012 - O blecaute atingiu o Distrito Federal e durou mais de 2 horas.

- Em 25 de outubro de 2012 - O blecaute atingiu 9 estados da Região Nordeste e parte da Região Norte ficou sem energia durante 3 horas.

- Em 15 de dezembro de 2012 - O blecaute atingiu municípios de ao menos seis estados do país, deixando, só no Rio de Janeiro e São Paulo, 2,7 milhões sem luz.

- Em 28 de agosto de 2013 - O blecaute de energia elétrica atingiu áreas no Nordeste do país em pelo menos cinco estados.

- Em 4 de fevereiro de 2014 - cerca de 6 milhões de consumidores foram afetados pela falta de energia nos estados do Sudeste, Centro-Oeste e Sul. O blecaute atingiu ao menos 11 estados do país.

- Em 11 de fevereiro de 2014 - O blecaute ocorreu em grande parte do Espírito Santo.

- Em 19 de janeiro de 2015 - O blecaute atingiu parte de 10 estados e o DF causando falta de energia elétrica a mais de 3 milhões de unidades.

- Em 21 de Março de 2018 - O blecaute atingiu toda a região Nordeste.

Na Figura 1 é apresentado a evolução do consumo de energia elétrica no Brasil através da análise de uma série histórica de 1952 até 2017.

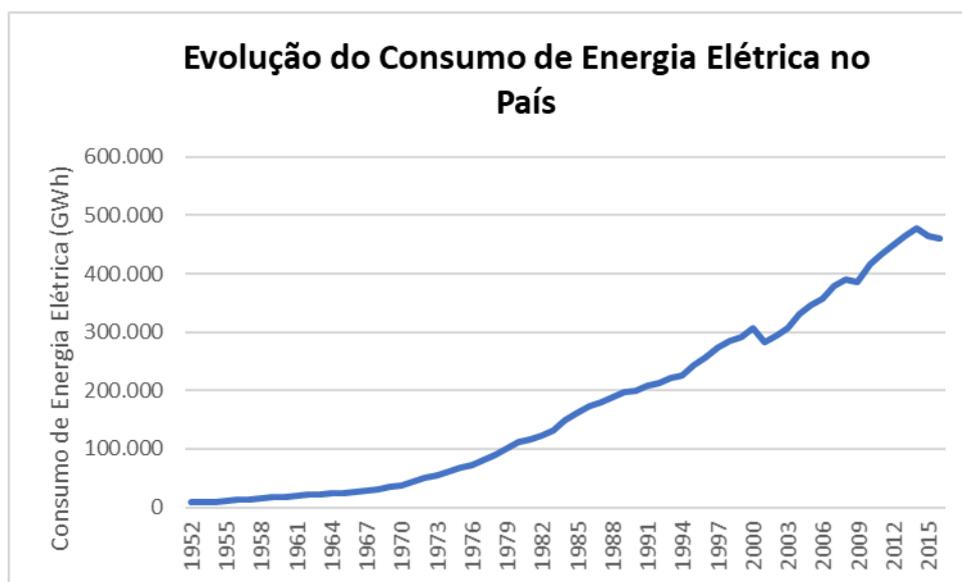


Figura 1. Consumo de Energia Elétrica no país em GWh. Fonte: IPEADATA (2017).

Observa-se que o crescimento do consumo de energia elétrica apresenta-se numa constante, exceto no ano de 2001, quando houve o racionamento no país. É importante salientar que as emissões de CO₂ está diretamente relacionada ao consumo de energia elétrica. Como exemplo, é possível analisar a série histórica das emissões de CO₂ emitidas pela energia elétrica. Na Figura 2 abaixo é apresentada a evolução das emissões de CO₂.

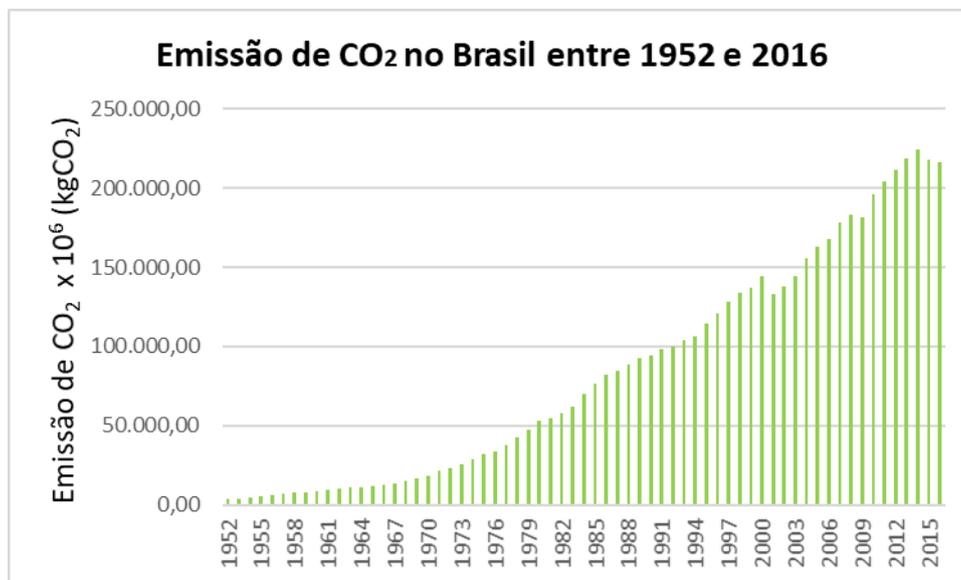


Figura 2. Emissões de CO₂ pelo consumo de eletricidade no Brasil entre 1952 e 2017. Fonte: IPEADATA (2017).

METODOLOGIA

Neste contexto, verifica-se que os benefícios da utilização da energia nuclear quanto à sustentabilidade ambiental para geração de energia elétrica são significativos quando se busca a redução das emissões de gases de efeito estufa a nível local e global visando minimizar os efeitos das emissões de GEE. O renomado cientista James Lovelock, considera a energia nuclear como sendo a única fonte de energia que atenderá nossas necessidades visando à preservação da Terra (LOVELOCK, 2006).

Durante muito tempo, já se sabe que a energia nuclear é considerada uma das fontes de geração de energia mais limpas existentes (WWF, 2014; SANTOS, 2014).

A energia nuclear é a tecnologia de baixa emissão de carbono mais madura existente sendo capaz de gerar grandes quantidades de energia para suprir as necessidades da sociedade em qualidade, quantidade e confiabilidade necessárias. Para ilustrar, pode-se verificar a situação dos Estados Unidos. Nesse país, em 2009, cerca de 70% da energia não poluente gerada nos Estados Unidos foi proveniente de fonte nuclear que participou com apenas 20% do total de energia elétrica gerado no país. A indústria nuclear opera em geral a uma taxa de 90% de sua capacidade, não dependendo da sazonalidade climática.

Inicialmente, é importante afirmar que ao longo da história o uso da tecnologia nuclear para a geração de energia é bem controverso com algumas opiniões contrárias. Por exemplo, há estudo que indica que a geração nuclear não deve ser prioridade no Brasil (CARVALHO; SAUER, 2009), porém, este estudo leva em consideração principalmente o custo, deixando de lado a questão da segurança energética, econômica a longo prazo e ambiental. Enquanto que há muitos estudos que defende que não há outra saída mais eficaz e limpa que a nuclear (SANTOS et al., 2013; MENYAH et al., 2010; ALFARRAA et al., 2012). Sendo assim, é importante fazer

um breve historio da geração nuclear no plano internacional. Nesse plano, pode-se dividir a evolução em três fases.

A literatura considera a primeira fase (de 1970 a 1986) de primeira expansão, relacionada ao grande potencial da energia nuclear para superar as restrições apresentadas pela reestruturação das matrizes energéticas para enfrentar a dependência em relação ao petróleo, bem como a necessidade de atender ao crescimento da demanda de energia elétrica em uma dinâmica de sustentabilidade.

Por outro lado, a segunda fase (de 1986 a 2000) é considerada de revisão para a indústria nuclear, diante dos efeitos políticos e sociais dos acidentes de Chernobyl (na Ucrânia) e de Three Mile Island (nos Estados Unidos). Esses acidentes causaram um freio na expansão dos programas nucleares, exceto na Ásia (Japão e Coreia do Sul), enquanto a indústria nuclear procedia a uma avaliação detalhada e profunda dos processos técnicos, econômicos e de segurança envolvidos na geração elétrica a partir das usinas nucleares.

E a última fase, que teve início em 2000 e prevalece atualmente, considerada a fase de consolidação da energia nuclear, tem sido marcada pelo desenvolvimento de nova geração de reatores (Geração III+), com recursos que melhoram substancialmente o desempenho tecnológico, econômico (com a construção modular e padronizada dos reatores nucleares) e as condições de segurança (implantação de sistemas passivos).

A consolidação da energia nuclear se refere à oportunidade para a indústria nuclear de, após um período de duas décadas orientadas ao aperfeiçoamento do desempenho técnico e econômico das tecnologias de geração nuclear, atender ao crescimento da demanda de energia elétrica, reduzindo simultaneamente as emissões de gases de efeito estufa. O acidente de Fukushima (Japão) se insere nesta fase, tendo acentuado seus aspectos relevantes envolvendo a renovação de conceitos, processos e equipamentos, de modo a melhorar o desempenho econômico e energético, incorporando os avanços obtidos em relação às medidas de segurança.

Em maio de 2013, a capacidade instalada mundial de geração nuclear era de 374.524 MWe (13,5% da capacidade instalada de geração elétrica) a partir de 435 reatores, dos quais 67% (251.764 MW) eram do tipo PWR.

Esta linha de reatores, da Geração III, foi a mais empregada durante a primeira fase do desenvolvimento da energia nuclear. Além disso, havia 66 reatores em construção (68.309 MW) em 13 países, principalmente China, Rússia, Índia e Coreia do Sul, correspondendo a uma expansão de 18% da capacidade em operação.

Nesse momento é importante apresentar as principais vantagens das usinas nuclear na realidade brasileira.

Primeiramente, vale a pena destacar que as hidroelétricas já tiveram grande parte do seu potencial economicamente aproveitável esgotada e que cada dia mais estudos vem indicando a não ampliação de uso da água para hidroelétricas (UNEP, 2011). O Brasil possui cerca de 12% das reservas de água doce do mundo. E, 65% desta água são utilizados para irrigação, 25% para o consumo humano e 10% para a indústria. Dados divulgados na conferência mundial sobre água realizada em agosto de 2007, em Estocolmo, revelam que, em 2025, a falta de água atingirá 1,8 bilhões de pessoas no mundo e que dois terços da população também serão afetados pela escassez do recurso. Utilizando os dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), o relatório considera que a produção de alimentos precisa aumentar em 70% para atender a população mundial em 2050. Esse enorme crescimento será responsável por um crescimento de 19% na utilização de água na agricultura, setor que já é responsável por 70% do consumo global. Em 2070, a falta de água também será sentida no centro e sul da Europa, afetando até 44 milhões de pessoas (IC, 2014).

Um questão de extra relevante a ser analisada é que a Energia Nuclear é a fonte de energia que menos mata no mundo.

Tabela 1. Mortes distribuídas por fonte.

Fonte	Mortes/1 000 TWh
Carvão, Linhito	100.000
Petróleo	36.000
Gás	4.000
Biomassa	24.000
Fotovoltaica	440
Eólica	150
Hidro	1.400
Nuclear	90

No caso das usinas térmicas convencionais, como o carvão, o óleo e o gás, a emissão de muitas toneladas de gases de efeito estufa afeta pode trazer graves consequências a população como já vem acontecendo na China (GLOBO, 2014).

Uma vantagem muito significativa é o fato das nucleares não emitirem gases poluentes, tais como: o CO₂ e o metano (efeito estufa) e nem emitirem outros gases significativos como os óxidos de enxofre e nitrogênio, responsáveis pela chuva ácida e nem emitirem metais cancerígenos (arsênio, mercúrio, chumbo, cádmio). Para efeito comparativo rápido, se analisarmos o gás natural (a maior porcentagem de capacidade instalada das térmicas do SIN), as emissões evitadas por uma usina nuclear do porte de Angra 3 que entrará em funcionamento seriam de cerca de 30 toneladas de dióxido de enxofre, 12.700 toneladas de óxido de nitrogênio e 5 milhões de toneladas de dióxido de carbono. Se a comparação for em relação às usinas termoelétricas a carvão, uma usina termoelétrica moderna, que utiliza carvão pulverizado e técnicas avançadas de redução de emissão de poluentes, uma usina nuclear do porte de Angra 3 evitaria a emissão anual para a atmosfera de cerca de 2.300 toneladas de material particulado, 14 mil toneladas de dióxido de enxofre, 7 mil toneladas de óxido de nitrogênio e 10 milhões de toneladas de dióxido de carbono.

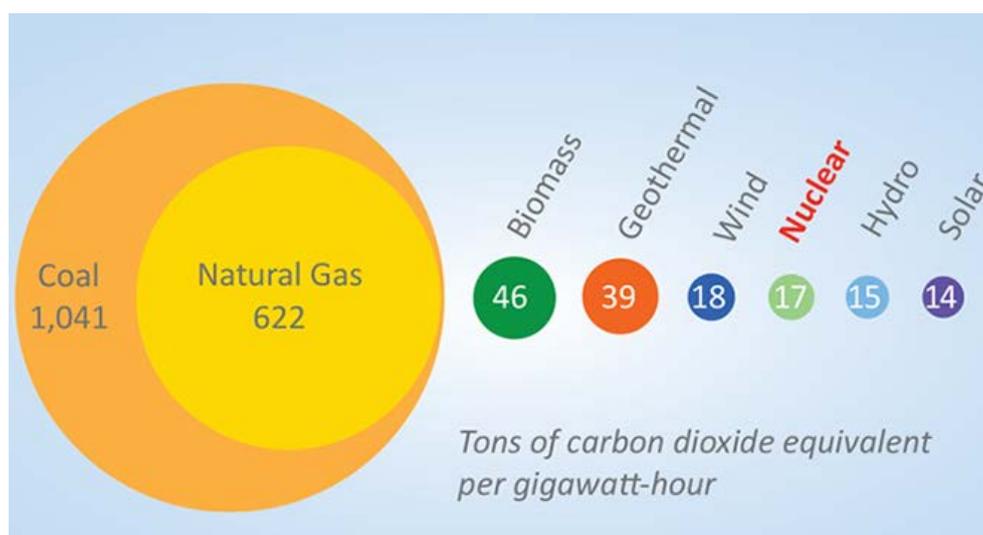


Figura 3. Ciclo de vida de emissões de CO₂ das fontes de energia elétrica

Neste trabalho, definiu-se uma metodologia para mensurar as emissões de CO₂ por tipo de combustível, utilizando os critérios adotados no relatório do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), conforme Tabela 4.1. A função objetivo adotada, neste caso, é de minimização das emissões de CO₂ provenientes da geração térmica e de déficit. As emissões de gás carbônico foram quantificadas de modo a se poder estimar valores de emissões para as usinas termelétricas. Semelhantemente a otimização por custos de geração térmica e de déficit utilizou-se o dhoVisual (CORDEIRO, 2015).

Tabela 2. Fator de emissão por tipo de combustível.

Combustível	unidade	Conversão para tCO ₂ /GWh
Oléo Diesel	1000m ³	266.64
Oleo Combustível	10 ⁶ l	278.52
Carvão	1000t	345.84
Gás Natural	10 ⁶ m ³	201.96

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise dos resultados, será feito um adiantamento no cronograma de entrada usina termonuclear de Angra 3, para dezembro de 2013, cujo o atual cronograma está prevendo sua entrada no sistema em junho de 2018, comparando assim, os dois resultados das simulações e verificando o impacto da operação de Angra 3 no sistema hidrotérmico brasileiro.

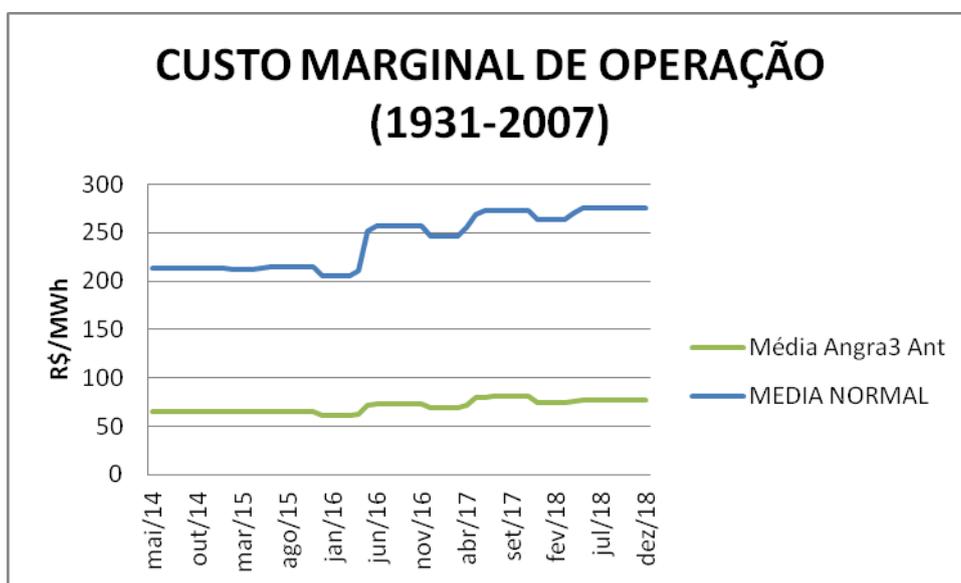


Figura 5. Custo Marginal da Média referente ao período hidrológico de 1931-2007.

A partir da Figura 5, constata-se que com a introdução de uma fonte de energia Nuclear como energia de base, o sistema elétrico nacional pode ter ganhos financeiros muito grandes, chegando a ter o custo de produção de energia reduzido a um quinto.

Na Figura 6, é realizado a comparação em termos de emissões de dióxido de carbono.

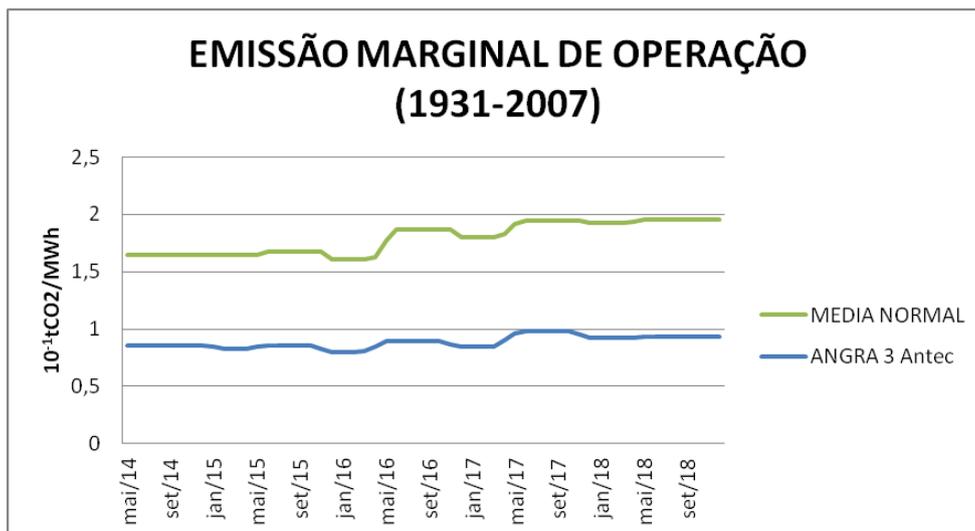


Figura 6. Emissão Marginal da Média referente ao período hidrológico de 1931-2007.

Na Figura 6 percebe-se um grande potencial de mitigação de dióxido de carbono com a implantação de fonte de energia nuclear no sistema.

CONCLUSÕES

Constata-se que com a introdução da energia nuclear na matriz energética brasileira, os benefícios para a segurança energética, econômica e ambiental são imensuráveis. E mais especificamente para a população que vive e sobrevive às margens do Rio São Francisco.

A sociedade precisa ser conscientizada e é de fundamental importância que seja capacitada para desmistificar tantos mitos acerca da fonte de energia mais segura do mundo, segundo os ambientalistas modernos.

Como pôde ser comprovado através dos resultados, o investimento em uma energia de base pode contribuir diretamente para redução da poluição atmosférica melhorando a qualidade de vida do planeta.

REFERÊNCIAS

- ACCORD - The United Nation Climate Change Conference. In: Copenhagen, 2009.
- CARVALHO, J.F.; SAUER, I.L. Does Brazil need new nuclear power plants? **Energy Policy**, v. 37, p. 1580-1584, 2009.
- CARVALHO, A. R. L.; CUNHA, S. H. F.; PORTO, T. O. **Manual de Planejamento: Metodologia, critérios e Procedimentos. Planejamento da Expansão da Geração.** EPE, 2006.
- CORDEIRO, L. F. A. **Planejamento do setor elétrico brasileiro com foco nas emissões de CO₂.** 2015. 183 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.
- GLOBO. 2014. Disponível em: <<http://globo.com/rede-globo/jornal-da-globo/t/edicoes/v/china-investe-para-vencer-a-guerra-contra-a-poluicao-em-todo-o-pais/3527732/>>. Acesso em: 28 jul. 2019.
- IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook 2013.** Paris: OECD/IEA, 2013.
- IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL CLIMATE CHANGE. **Cambio climático: informe de síntesis.** Genebra, Suíça: IPCC, 2007.

LOVELOCK, J. A. **Vingança de Gaia**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2006.

LUCENA, A. F. P.; SCHAEFFER, R.; SZKLO, A. S.; SOUZA, R. R.; BORBA, B. S. M. C.; COSTA, I. V. L.; PEREIRA JR, A. O.; CUNHA, S. H. F. The vulnerability of renewable energy to climate change in Brazil. **Energy Policy**, v. 37, p. 879-889, 2009.

LUCENA, A. F. P.; SZKLO, A. S.; SCHAEFFER, R., 2009b. Least-cost Adaptation Options for Global Climate Change Impacts on the Brazilian Electric Power System. **Global Environmental Change**, submitted.

SANTOS, E.O.; SIKAR, E. Greenhouse gases emissions by hydroelectric reservoirs in tropical regions. **Climatic Change**, v. 66, n. 1/2, p. 9-21, 2004.

SANTOS, R. L. P.; ROSA, L. P.; AROUCA, M. C.; RIBEIRO, A. E. D. The importance of nuclear energy for the expansion of Brazil's electricity grid. **Energy Policy**, v. 60 p. 284-289, 2013.

WWF. Agenda elétrica sustentável 2020. 2011. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/meio_ambiente_brasil/clima/mudancas_climaticas_resultados/asust/index.cfm>. Acesso em: 28 jul. 2019.