

Viabilidade da energia nuclear no Brasil

André Pereira Bueno - andrepbueno@hotmail.com
Departamento de Engenharia Mecânica - CTC - UFSC
88.040-310 - Florianópolis - SC

Vinicius de Almeida Carvalho - vinicius.alm.carvalho@gmail.com
Departamento de Engenharia Mecânica - CTC - UFSC
88.040-310 - Florianópolis - SC

Resumo

Neste artigo tratar-se-á a respeito da viabilidade energética, ambiental, econômica e política da implementação da energia nuclear no Brasil. Iniciando com um histórico da descoberta e de fatos marcantes do uso da matriz nuclear.

PALAVRAS-CHAVE: Matriz energética; energia nuclear; energia limpa; Brasil.

ABSTRACT

This article will be about the energetical, environmental, economical and political viability of the implementation of nuclear energy sources in Brazil. Starting with the history of the discovery and interesting facts of the usage of the nuclear matrix.

KEYWORDS: *Energy matrix; nuclear energy; clean energy; Brazil.*

INTRODUÇÃO

O crescimento tecnológico mundial está crescendo exponencialmente, junto a isso o consumo de energia também está crescendo, no Brasil não é diferente. O consumo de energia está cada vez maior em nosso país, não apenas há uma grande preocupação quanto às matrizes energéticas e o viés ambiental. Apesar de ser o maior produtor de energia por matrizes hidráulicas, o Brasil tem grande potencial para a produção de energia nuclear. Esta limpa, com grandes perspectivas de crescimento e, provavelmente, uma das respostas para a necessidade energética futura.

Bombas atômicas, Chernobyl, Atol de Bikini, Fukushima, desastres nucleares que aumentam mais ainda o temor do uso da matriz nuclear para a produção de

energia. Porém, quanto mais se procura por respostas às necessidades energéticas, limpas, mais as alternativas apontam para o uso da energia nuclear.

HISTÓRICO

Em 1896 o francês Henri Becquerel descobriu a radioatividade do Urânio, porém as pesquisas mais a fundo a respeito do decaimento radioativo se deu com o casal Marie e Pierre Currie quando descobriram que outros elementos, como o Rádio, o Polônio e o Tório, também possuíam caráter radioativo.

O processo físico fundamental para a geração da energia nuclear, a fissão nuclear, foi descoberto por Otto Hahn, Lise Meitner e Fritz Strassman, em 1938/1939. Quando o urânio é bombardeado por nêutrons, os núcleos dos átomos absorvem as partículas e tornam-se instáveis, partindo-se em dois pedaços espontaneamente. O átomo de urânio cede lugar a átomos mais leves, como bário e criptônio. A energia correspondente às forças nucleares que uniam os pedaços é subitamente liberada na forma de energia cinética (energia de movimento) dos fragmentos.

Além dos núcleos-fragmentos, a fissão produz também dois ou três nêutrons. Ao atingirem os átomos de urânio próximos, os nêutrons são absorvidos por eles e os levam à instabilidade, provocando novas fissões e novos nêutrons, que vão provocar novas fissões em novos átomos e assim por diante, numa reação nuclear em cadeia.

O próximo passo seria aprender a estabelecer uma reação em cadeia controlada, para que pudesse ser usada na geração de energia - ou seja, a invenção do reator nuclear. Entretanto, os acontecimentos políticos que se seguiram levaram as pesquisas à direção inteiramente oposta. Pouco depois da descoberta de Hahn, Meitner e Strassman, eclodiu a Segunda Guerra Mundial (1939-1945). Os estudos sobre energia nuclear desviaram-se irresistivelmente para a construção de armas nucleares. Nos Estados Unidos, o Projeto Manhattan, cujo setor científico foi liderado pelo físico Robert Oppenheimer, usou a reação nuclear em cadeia para explodir a primeira bomba atômica perto do laboratório de Los Alamos, em 1945. A segunda e a terceira caíram sobre Hiroshima e Nagasaki, no Japão, selando a vitória norte-americana na guerra.

Porém os testes nucleares realizados pelos Estados Unidos não se cessaram.

O Atol de Bikini for campo para testes de bombas nucleares e de Hidrogênio entre 1946 e 1958. 23 bombas foram explodidas durante este período. Os habitantes micronésios, que eram cerca de 200 antes de os Estados Unidos os realocarem após a II Guerra Mundial, consumiam peixe, frutos do mar, bananas e cocos. Em 1968 os Estados Unidos declararam Bikini uma terra habitável e começaram a trazer os bikinianos de volta para casa no começo dos anos 70. Em 1978, no entanto, os habitantes foram removidos novamente quando o estrôncio 90 em seus corpos atingiu níveis perigosos.

Após a guerra, as aplicações pacíficas da energia nuclear finalmente puderam ter o seu lugar, com a construção de reatores para usinas nucleares. O primeiro reator nuclear foi construído pelo físico italiano Enrico Fermi já em 1942.

Em Pripyat, 1986, o maior desastre nuclear voltou a atenção novamente para a matriz nuclear. Chernobyl, na Ucrânia, ainda guarda as marcas da explosão do reator 4, que espalhou radiação por todo o país e pelos territórios vizinho. Na época, a usina era responsável pela produção de cerca de 10% da energia utilizada na Ucrânia. Com quatro reatores e mais dois em construção, Chernobyl era um símbolo do avanço tecnológico da União Soviética.

Um ano depois, no Brasil, houve o famoso acidente radiológico de Goiânia (amplamente conhecido como acidente com o cézio-137). Foi um grave episódio de contaminação por radioatividade. A contaminação teve início em 13 de setembro de 1987, quando um aparelho utilizado em radioterapias foi encontrado dentro de uma clínica abandonada, no centro de Goiânia, em Goiás, e foi desmontado e repassado para terceiros, gerando um rastro de contaminação, o qual afetou seriamente a saúde de centenas de pessoas.

Em 11 de março de 2011 o acidente nuclear de Fukushima Daiichi foi um desastre nuclear ocorrido na Central Nuclear de Fukushima I, causado pelo derretimento de três dos seis reatores nucleares da usina. A falha ocorreu quando a usina foi atingida por um tsunami provocado por um maremoto de magnitude 8,7. A usina começou a liberar quantidades significativas de material radioativo em 12 de março, tornando-se o maior desastre nuclear desde o acidente nuclear de Chernobyl, em abril de 1986, e o segundo (depois de Chernobyl) a chegar ao nível 7 na Escala Internacional de Acidentes Nucleares, inicialmente liberando cerca de 10-30% da radiação do incidente anterior.

PANORAMA BRASILEIRO

Minério:

Apenas 30% do território brasileiro foi prospectado em busca do minério de urânio, mesmo assim o Brasil ocupa a sétima posição no ranking mundial com aproximadamente trezentas e nove mil toneladas de minério em território nacional, sendo esses distribuídos principalmente entre os estados da Bahia, Ceará, Paraná e Minas Gerais. já existem indícios da presença de urânio misturado a outros minérios

nos estados do Pará e do Amazonas sendo especulado uma quantidade total aproximada de quinhentas mil toneladas de urânio em território nacional.

A extração de minérios de urânio no país é realizada pelas Indústrias Nucleares do Brasil (INB), sendo uma empresa de mercado misto subsidiária da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), a qual é a agência do governo brasileiro responsável pela orientação, planejamento, supervisão e controle do programa nuclear nacional. A mineração ocorre hoje nas jazidas naturais de Lagoa Real e Caetité tendo essas em torno de cem mil toneladas de minério de urânio distribuídos em 17 depósitos da região. São realizados na região tanto a extração do minério que se encontra em minas a céu aberto, quanto seu beneficiamento que tem como produto o concentrado de urânio ou como é conhecido Yellowcake. A exploração teve início no ano de 2000 e hoje conta com a capacidade de extração de quatrocentas toneladas de Yellowcake por ano.

Após o beneficiamento ser completado o concentrado de urânio é colocado em barris selados e é destinado ao porto de Salvador de onde segue caminho para a refinaria brasileira ou é exportado para o Canadá.

Existem planos para a expansão da exploração de urânio em Santa Quitéria no Ceará em preparação para a abertura de novas usinas termonucleares nos próximos trinta anos como planejado pelo governo federal, tendo como meta a produção de mil e duzentas toneladas de concentrado de urânio ao ano.

Enriquecimento:

O Brasil está entre os doze países no mundo considerados capazes de enriquecer o minério de urânio pela comunidade nuclear internacional. O país possui uma usina de enriquecimento sendo esta controlada pela INB e estando instalada em Resende no Rio de Janeiro, esta foi instalada no ano de 1999 e entrou em funcionamento em 2004, sendo capaz de suprir em torno de 45% da necessidade de combustível nuclear nacional. No final do ano de 2019 foi ampliada a capacidade de enriquecimento de urânio da usina de Resende em 20% com a implementação da oitava cascata de ultracentrífugas o que significa a capacidade de 60% do abastecimento da termonuclear Angra 1.

No ano de 2021 pretende-se entregar a nona e a décima cascata de ultracentrífugas as quais concluem a primeira etapa de um plano da INB em conjunto com a Amazônia azul tecnologias de defesa (Amazul) de implementação de doze novas cascatas, as quais supririam a demanda de combustível das termonucleares Angra 1 e 2 até o ano de 2033 e de outras usinas que devem ser construídas até o ano de 2037 se tornando assim autossuficiente na produção de pastilhas combustíveis.

O enriquecimento de material nuclear hoje é fiscalizado por três diferentes órgãos sendo estes a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) e a Agência Brasil – Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC).

Usinas:

Atualmente no Brasil existem duas usinas termonucleares em funcionamento, Angra 1 e 2, e uma terceira em construção, Angra 3, sendo estas todas localizadas no estado do Rio de Janeiro na cidade de Angra dos Reis fazendo parte da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto.

Todas as termonucleares brasileiras utilizam reatores de água pressurizada (PWR) os quais são os mais utilizados mundialmente sendo este um dos três tipos de reatores de água leve, as usinas ficam próximo ao mar pois utilizam a água do oceano para fazer a refrigeração de seu sistema a qual é crítica.

Angra 1 tem capacidade de produção de seiscentos e quarenta megawatts de potência tendo eficiência térmica de 34,2%, entrou em operação comercial no ano de 1985, teve vários problemas de operação nos primeiros anos sendo esses sanados apenas em meados da década de 1990, esta foi adquirida da empresa americana Westinghouse sob a forma de “turn key”, como um pacote fechado, que não previa transferência de tecnologia por parte dos fornecedores, entretanto com a experiência adquirida na operação permitiram a Eletrobras Eletronuclear a modernização da usina e a extensão da sua vida útil.

Angra 2 entrou em operação no ano de 2001 com potência de mil trezentos e cinquenta megawatts e eficiência térmica de 35,8%, esta opera com um reator de tecnologia alemã da empresa Siemens/KWU (hoje da francesa Areva NP), fruto do acordo nuclear Brasil-Alemanha assinado em 1975, em 2009 a usina foi a trigésima terceira termonuclear no ranking mundial de produção de energia.

Angra 3 está em construção desde o ano de 1984 tendo suas obras paralisadas em 2015, dentre os motivos da paralisação está a corrupção de membros da Eletronuclear e de governantes do país, esta pode ser considerada irmã gêmea de Angra 2 utilizando a mesma tecnologia de reator e tem a mesma potência projetada, as obras civis estão em torno de 67% completas sendo o progresso total em torno de 58%. As obras devem ser retomadas no ano de 2020 tendo previsão de entrega até o ano de 2025 tendo como custo total em torno de 22 bilhões de reais.

O governo brasileiro estuda a construção de seis novas usinas termonucleares com um investimento de trinta bilhões de reais até o ano de 2050, tendo essas novas usinas capacidade combinada de seis gigawatts de potência, somado com o

projetado para 2025 com as três usinas de Angra o potencial termonuclear brasileiro passaria a ser de quase dez gigawatts.

VIABILIDADE

- Econômica

Entre as alternativas para geração de energia em larga escala, a opção nuclear é a de maior custo por causa dos investimentos em segurança dos sistemas de emergência, do armazenamento de resíduos radioativos e do descomissionamento (desmontagem definitiva e descontaminação das instalações) de usinas que atingiram suas vidas úteis. A energia gerada pela recém inaugurada Angra 2, por exemplo, terá um custo de R\$ 45,00 por megawatt hora em contraposição aos R\$ 35,00 por megawatt hora da energia fornecida por uma hidrelétrica.

O longo e custoso processo de implantação das usinas nucleares no Brasil revela o gerenciamento inadequado desta alternativa, fato que aquece ainda mais o debate brasileiro. Angra 2, por exemplo, teve seu custo triplicado devido aos juros pagos e à sua manutenção. O único ponto favorável talvez seja o fato de que a Siemens, fabricante da maior parte dos equipamentos da usina, atualizou continuamente a tecnologia a partir dos avanços técnicos realizados nesta área na Alemanha. Desde 1976, a empresa forneceu o equivalente a 1,27 bilhões de dólares em equipamentos e serviços.

Segundo Kleber Cosenza, superintendente de operação da Eletronuclear, a possível construção de Angra 3 teria um custo menor, em torno de 2,5 bilhões de reais, pois boa parte do equipamento foi comprado junto com o de Angra 2. Destes, já foram gastos 1,3 bilhões de reais em equipamentos comprados com os de Angra 2, na década de 80. Eles representam 60% do que é necessário para a usina e estão estocados no Brasil e na Alemanha.

- Energética

O Brasil se encontra em posição privilegiada na produção de energia elétrica em comparação com outros países do mundo, sendo que a matriz energética elétrica é dominada por fontes renováveis provenientes da grande capacidade de geração de energia hídrica no país, mas ainda há espaço para novas fontes limpas sendo que existem múltiplas usinas termelétricas ainda em construção.

O Brasil possui grandes reservas de combustível nucleares capazes de gerar energia sendo que este possui potencial de geração incrivelmente denso se comparado com combustíveis fósseis, uma pastilha de urânio, a qual pesa aproximadamente seis gramas, equivale a uma tonelada de carvão ou a

quatrocentos e oitenta metros cúbicos de gás natural, sendo assim um combustível de longa duração.

O grande empecilho para a viabilidade energética do urânio brasileiro vem da capacidade de enriquecimento que possuímos, que para grande parte das usinas é um processo necessário, e dos custos da produção deste combustível, mas ambos podem ser se não sanados totalmente reduzidos de forma notável pela instalação de usinas de pequeno porte com reatores que funcionam com urânio não enriquecido, como foi comprovado o funcionamento dos reatores CANDU desenvolvidos no Canadá, reduzindo tanto os custos de produção do combustível quanto riscos gerados em sua operação.

- **Tecnológica**

Apesar de não ser dependente da energia nuclear hoje o Brasil é um dos poucos países mundiais que domina o processo de produção de pastilhas combustíveis para geração de energia, o qual é o maior gargalo na operação deste tipo de usina. O Brasil também é capaz de projetar e construir pequenos reatores experimentais, mas nada em escala suficiente para uma term nuclear, sendo que os reatores das usinas brasileiras são todos de origem estrangeira, dois alemães e um americano, o prognóstico para as futuras usinas é que seja comprado reatores de empresas que já os oferecem prontos.

Com a experiência adquirida com a operação de Angra 1 e 2 tornaram-se possíveis o desenvolvimento de melhorias, como um novo gerador de vapor na primeira, o que permite estender a vida útil e modernizar estas usinas tanto em quesitos de eficiência quanto quesitos de segurança.

Existem avanços na tecnologia de reatores os quais hoje são mais eficientes e muito mais seguros que os reatores utilizados atualmente, também existindo desenvolvimento para novas tecnologias como os reatores de onda viajante (TWR) os quais funcionam com banho de sal de tório, elemento que o Brasil possui uma das maiores reservas, ou urânio depletado ou de baixo enriquecimento tendo como rejeito um material menos radioativo.

No quesito tecnológico o Brasil tem capacidade de operar e manter usinas nucleares em funcionamento podendo ser autossuficiente em combustível, sendo dependente de tecnologia estrangeira apenas na etapa de construção de novas usinas.

- **Ambiental**

Nos últimos anos, a demanda por recursos energéticos no Brasil tem vislumbrado no incentivo à Energia Nuclear uma alternativa eficiente. No entanto, apesar de ser considerada um caminho relativamente sustentável de produção de energia, suas usinas podem apresentar riscos ao meio ambiente e à sociedade civil.

Tendo em vista a escassez que tem assolado o parque gerador elétrico do país, as usinas nucleares tem emergido como possibilidade viável perante a necessidade

de se encontrar uma saída a longo prazo. Sua viabilidade, assim, tem como chave a não-emissão de gases do efeito estufa, caracterizando-a como opção que vai de acordo com os tratados assinados pelo Brasil na conferência Rio+20.

Entretanto, a apropriação da Energia Nuclear como caminho para o futuro da questão energética no Brasil tem encontrado como empecilho os riscos por ela apresentados. Neste contexto, o descarte inadequado de resíduos radioativos tende a ameaçar a biodiversidade e a vida humana, ocasionando a destruição de habitats e, por vezes, mutações nas populações circundantes.

Portanto, denota-se que o uso de fontes nucleares como meio sustentável para a geração de energia depende de investimentos por parte do Governo Federal, aliando-os a estratégias de fiscalização no funcionamento das usinas existentes e nas que ainda entrarão em operação. Dessa forma, a Energia Nuclear poderá ser afirmada como alternativa eficaz, suprimindo a demanda brasileira na área.

Entre os principais impactos ambientais que podem ser originados pela geração desse tipo de energia, destacam-se:

- O aquecimento da água do mar: Durante o processo produtivo da energia nuclear, utiliza-se água do mar para resfriar o reator e movimentar as turbinas. Essa água é devolvida para o ambiente mais quente do que quando foi encontrada, podendo ocasionar danos para a fauna e flora marinha.
- Contaminação pelos rejeitos da produção de energia nuclear: Um dos principais impactos causados por esse tipo de produção é a contaminação pelos rejeitos radioativos, que permanecem nocivos ao meio ambiente por milhares de anos. Toda fissão nuclear gera rejeitos radioativos, que devem ser armazenados em recipientes revestidos de chumbo ou concreto e serem monitorados constantemente para evitar a contaminação do meio ambiente. Em um passado recente, por não saberem como proceder com o descarte desse material, alguns países chegaram a jogar esse material no mar ou abandonar o lixo radioativo em minas ou cavernas, causando um grande desequilíbrio nos ecossistemas afetados.
- Risco de contaminação derivada de acidentes e vazamentos: Embora possua monitoramento constante, o processo de geração de energia nuclear possui riscos de vazamentos e acidentes, como os que aconteceram em Chernobyl (1986) e em Fukushima (2011), que colocam em risco o meio ambiente e a vida de trabalhadores das usinas e dos demais seres vivos que recebem a radiação.

Diante desses riscos, a produção de energia nuclear exige um grande controle para evitar qualquer tipo de vazamento ou acidente envolvendo produtos radioativos, já que a contaminação radioativa pode ocasionar:

- Escassez de solo, ar e água adequados para a agricultura e para a manutenção da vida na área afetada;
- Mutação genética de espécies de plantas, insetos e animais;
- Queimaduras;
- Alterações na produção do sangue;
- Diminuição da resistência imunológica;
- Surgimento de diversas doenças, como o câncer, alterações gastrintestinais, problemas na medula óssea;
- Infertilidade e má-formação dos órgãos reprodutores e de fetos submetidos à alta radiação.

- **Política**

Há países, como a França e o Japão, extremamente dependentes da energia nuclear por falta de opção. A população aceita o risco porque os benefícios da eletricidade são elevados demais para serem desprezados. A população brasileira, uma vez informada de que o país ainda não esgotou suas possibilidades de obtenção de energia por outros meios, aceitaria tal risco? E se não houvesse outra alternativa além da nuclear?

Somente um plebiscito poderia chegar às respostas. Suécia e Áustria são países que realizaram consulta popular e, em consequência, não mais construirão usinas nucleares. No Brasil essa prática é pouco freqüente, a não ser no caso de criação de novos municípios, mas nada impede que os constituintes de 1987 a introduzam na nova Constituição, na questão específica da energia nuclear. Outra possibilidade seria proibir a instalação de reatores em todo o território nacional, o que, entretanto, levaria ao abandono de uma opção tecnológica que nos parece prudente conservar.

Certamente, a Assembléia Nacional Constituinte terá um amplo leque de opções para disciplinar a matéria, mas é de fundamental importância que se delegue ao Congresso Nacional as decisões sobre o assunto. O uso da energia nuclear envolve riscos adicionais, mas pode também redundar em benefícios. Nada mais natural, portanto, que os representantes do povo, depois de pesar os riscos e os benefícios, decidam soberanamente sobre eles.

Alguns acordos que propõem garantir que uma determinada região do globo seja livre de armas nucleares. Um exemplo é o Tratado Antártico, assinado em 1959 pelos países que possuíam territórios nessa região e que se comprometeram a não

utilizá-la para produzir ou depositar armas nucleares. O Tratado de Tlatelolco, de 1967, propôs algo semelhante entre os países da América Latina e o Tratado de Pelindaba, de 1996, determinou o mesmo para os países do continente africano.

Já outros acordos focaram em proibir a realização de testes com armamento nuclear e até mesmo o seu banimento. Exemplos desses incluem o Tratado de Interdição Completa de Testes Nucleares, de 1996, e o Tratado sobre a Proibição Completa de Testes Nucleares, de 2017. Embora representem avanços na luta contra a proliferação nuclear, em muitos casos a falta de ratificação (fazer valer o tratado) por parte de países importantes, como os Estados Unidos e a China, prejudicam a sua efetividade.

BARREIRAS DE IMPLEMENTAÇÃO

Energia nuclear traz consigo 3 demônios intrínsecos: riscos de acidentes de grande vulto (como Chernobyl), o problema do armazenamento do lixo radioativo e os problemas referentes à proliferação de produtos que podem permitir a produção de armas nucleares.

Gerenciamento e normas, além de instrução adequada e consciência são fatores que podem enjaular os demônios. Mas qualquer negligência, ou erro humano pode liberá-lo, e os operadores são humanos. O risco sempre existirá, como em qualquer outra atividade humana por maior que seja a automatização e por melhores que venham a ser os mecanismos de salvaguarda.

Outra barreira existente para o desenvolvimento de indústrias nucleares são as relações externas e internas do país, tendo que a energia nuclear não é bem vista tanto pela população geral quanto por outros países e governos, isso pode acarretar em problemas diplomáticos e tensões internas desnecessárias.

Segundo o físico Cerqueira Leite “Angra 2 ainda não entrou em operação e Angra 1 não é confiável”.

CONCLUSÃO

O Brasil, diferentemente do resto do mundo, pois possui amplas oportunidades de geração de energia elétrica de fonte renovável. Este artigo mostra que a energia nuclear pode ser considerada como um complemento às fontes renováveis sendo esta substituta da posição que as fontes fósseis ocupam hoje, mas ainda assim faltam estudos do caso nacional e tecnologias que realmente justifiquem a busca da energia nuclear. Mesmo o país possuindo grandes fontes de urânio os custos de construção e tempo de ativação das usinas nucleares podem torná-las não competitivas o suficiente no mercado brasileiro, não justificando a busca por estas grandes obras.

Talvez deva-se olhar para energia nuclear como substituta de pequenas termelétricas, as quais constituem a maior parcela de usinas deste tipo em

construção no país. A utilização de tecnologias de reator com urânio não enriquecido aparentam ser melhores visto que esse tem custo de produção de combustível menor, menores riscos de falha, e seus rejeitos são menos danosos que de usinas tradicionais. No futuro podemos voltar a ponderar a energia nuclear tendo em vista os estudos e buscas por novos reatores que podem ser de interesse nacional, como, por exemplo, sistemas que operam a sal de Tório, elemento abundante no Brasil em terras raras. Este tipo de reator teoricamente tem boa eficiência térmica, ofereceria riscos baixíssimos, pois se torna impossível de ocorrer “melt downs”, e seus rejeitos tem pequena radioatividade quase não oferecendo riscos à saúde humana e ao meio ambiente com seu combustível depletado.

As usinas nucleares são a melhor opção de energia limpa em países populosos e com restrições de espaço, como é o caso, por exemplo, do Reino Unido e do Japão. Para determinar a maneira mais eficiente e mais responsável de gerar energia em um país é preciso olhar as condições particulares de cada região. E esta parece não ser a melhor opção para o Brasil. “O Brasil tem feito um bom trabalho com a geração de energia hidrelétrica”, cita James Lovelock um dos maiores defensores da energia nuclear mundial, o que nos leva a questionar se os investimentos previstos pelo governo nessas fontes de energia são realmente necessários, ou se deveríamos estar focando em outra fonte que traga menos riscos e menos comoção social

REFERÊNCIAS:

- LUIZ GONZAGA BERTELLI (São Paulo). Associação Comercial de Sp. Viabilidade da Energia Nuclear. 2014. Disponível em: <<https://www.dci.com.br/colunistas/viabilidade-da-energia-nuclear-1.359272>>. Acesso em: 08 nov. 2019.
- ESCANHOELA, Cordelia Mara Fazzio. **ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO REATOR NUCLEAR SMART NO BRASIL:** Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciência na Área de Tecnologia Nuclear -Reatores. 2018. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85133/tde-23112018-145707/publico/2018EscanhoelaEstudo.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2019.
- CARVALHO, Joaquim Francisco de. **O espaço da energia nuclear no Brasil.** 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142012000100021>. Acesso em: 08 nov. 2019.
- FGV ENERGIA (São Paulo). **Perspectivas para Energia Nuclear no Brasil.** 2016. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/arquivos/3_-_felipe_goncalves_contextualizacao_nuclear_fg.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2019.
- DAVID BIELLO. Scientific American Brasil. **O Futuro da Energia Limpa.** 2015. Disponível em: <<http://sciam.uol.com.br/o-futuro-da-energia-limpa/>>. Acesso em: 08 nov. 2019

SEM AUTOR (Rio de Janeiro). Scientific American Brasil. **Energia Nuclear: Custos de uma Alternativa**. 2000. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/nuclear/nuclear12.htm>>. Acesso em: 08 nov. 2019.

GOLDEMBERG, José. Journal for peace and nuclear disarmament. **The denuclearization of Brazil and Argentina**. 2018. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/25751654.2018.1479129>>

Acesso em 20 nov. 2019.

PHILLIPS, Leigh. **The new, safer nuclear reactors that might help stop climate change**. 2019. Disponível em: <<https://www.technologyreview.com/s/612940/the-new-safer-nuclear-reactors-that-might-help-stop-climate-change/>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

FAGUNDES, Renan Dissenha. **Energia nuclear verde?** 2011. Disponível em: <<http://revistaepoca.globo.com/Revista/Epoca/0,,EMI232324-15224,00.html>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

SEM AUTOR. World Nuclear Association. **Nuclear Power Reactors**. 2018. Disponível em: <<https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/nuclear-power-reactors.aspx>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

SEM AUTOR. Indústrias Nucleares do Brasil. **Banco de dados**. 2019. Disponível em: <<https://www.inb.gov.br/>>. Acesso em: 24 nov. 2019.