

Energia do petróleo e o desenvolvimento sustentável: desafios da economia brasileira

Oil energy and sustainable development: challenges of the brazilian economy

Recebido: 03/03/2023 | Revisado: 09/03/2023 | Aceitado: 10/03/2023 | Publicado: 11/03/2023

Ana Beatriz de Sousa Santos Alves

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2585-3503>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: santos.alves@estudante.ufcg.edu.br

Marta Lucia Sousa Souza

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8395-2914>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: martalucia.2007@yahoo.com.br

Isabel Lausanne Fontgalland

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0087-2840>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: isabelfontgalland@gmail.com

Resumo

O desenvolvimento econômico consiste na combinação entre o crescimento da economia e a melhoria na qualidade de vida da população. Em geral, os ciclos de prosperidade estão relacionados com revoluções energéticas, seja por meio da invenção de uma tecnologia específica ou pela descoberta de uma fonte energética a qual permitiu o impulsionamento da produção e, conseqüentemente, o crescimento econômico. Todavia, as fontes energéticas que mais se destacaram nesse período são oriundas de fontes fósseis e assim, altamente poluentes ao meio ambiente. Portanto, o presente trabalho objetivou analisar o papel do petróleo na matriz energética brasileira e os discutir os desafios entre equilibrar energia e preservação ambiental. Com isso, buscou-se sugerir mudanças com o potencial de solver gargalos da matriz energética nacional que limitam o desenvolvimento sustentável do país. A metodologia consiste em uma revisão narrativa com análise bibliográfica e informativa, e no tratamento de dados, foi usada a inferência estatística descritiva. A partir delas, pode-se sugerir alternativas para gerar desenvolvimento, equilibrando segurança energética e proteção do meio ambiente. Mesmo assim, a aplicação dessas teorias ainda é um desafio, visto que atualmente as fontes fósseis equivalem à maior parte da matriz energética mundial. Por resultados, apresentou-se o Brasil através de dados da EPE e do BEN, com o recorte observacional de 1970 a 2022.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável; Energia; Petróleo.

Abstract

Economic development consists of the combination of economic growth and improvement in the quality of life of the population. In general, the cycles of prosperity are related to energy revolutions, whether through the invention of a specific technology or the discovery of an energy source which allowed boosting production and, consequently, economic growth. However, the energy sources that stood out the most in this period came from fossil sources and, therefore, highly polluting the environment. Therefore, the present work aimed to analyze the role of oil in the Brazilian energy matrix and discuss the challenges between energy balance and environmental preservation. Thus, we sought to suggest changes with the potential to solve bottlenecks of the national energy matrix that limit the sustainable development of the country. The methodology consists of a narrative review with bibliographic and informative analysis was used, and descriptive statistical inference was used in the data processing. From them, alternatives can be suggested to generate development, balancing energy security and environmental protection. Even so, the application of these theories is still a challenge, since currently fossil sources are equivalent to most of the world's energy matrix. As a result, Brazil was presented using data from EPE and BEN, with an observational cut from 1970 to 2022.

Keywords: Sustainable development; Energy; Oil.

1. Introdução

O desenvolvimento econômico consiste na junção entre o crescimento da economia (traduzida pelo aumento do Produto Nacional Bruto per capita), a melhora da qualidade de vida da população e transformações fundamentais na estrutura econômica. A maioria dos ciclos de prosperidade até então vividos estão vinculados a uma inovação relacionada com fontes energéticas,

precipuaente com fontes não renováveis (carvão mineral e petróleo). Landes (1994) observa que o desenvolvimento da indústria mecanizada teria sido impossível sem a existência de uma fonte de energia vigorosa (carvão mineral) e uma inovação técnica (a máquina a vapor). Pinto Jr. *et al.*, (2007) destacam que nas duas Revoluções Industriais, o padrão energético preponderante era oriundo de fontes fósseis, o que evidencia o quanto essa energia foi partícipe do elevado desenvolvimento da humanidade ocorrido nessa época. Existe uma relação entre disponibilidade energética e desenvolvimento econômico, ainda que ela não seja fixa ou universal. De fato, os serviços gerados pelo aumento da disponibilidade e do consumo energético, especialmente nas Revoluções Industriais, foram notáveis uma vez que propiciaram uma melhoria na produtividade econômica e na qualidade de vida da população mundial.

2. Metodologia

A metodologia utilizada para atingir os objetivos do presente trabalho constitui-se pela aplicação hipotética do método de estudo, além de revisão narrativa com análise bibliográfica e documental sobre a temática. De acordo com Rother (2007), tal estratégia é adequada para “[...] descrever e discutir o desenvolvimento ou o ‘estado da arte’ de um determinado assunto, sob ponto de vista teórico ou contextual”, como é o caso deste trabalho.

Os critérios de seleção do caso em análise podem ser caracterizados como não-aleatórios, intencionais e por acessibilidade (Eisenhardt, 1989). Assim, o Brasil foi escolhido por ser nação de tamanho continental, com matriz energética relativamente limpa, contudo, com elevado potencial natural de ampliação de uso das fontes limpas. A pesquisa apresenta uma análise da matriz energética nacional, especialmente da fonte petróleo e derivados, a partir de dados de estudos desenvolvidos pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

A partir da realização desse conjunto metodológico elencar-se-á recomendações para otimizar a utilização de recursos energéticos renováveis e reduzir a dependência do petróleo a fim de mitigar impactos socioambientais e conciliar a esse percurso a busca pelo desenvolvimento sustentável.

3. Resultados e Discussão

3.1 Teorias do desenvolvimento e meio ambiente

O debate ambiental na agenda mundial teve início nos anos 70 e foi inaugurado a partir do relatório denominado “Os Limites do Crescimento”, produzido em 1972 pelo Clube de Roma, introduzindo a problemática do crescimento populacional para a questão ambiental (Oliveira, 2012). De acordo com Dória (1976), o texto alertou para cinco temas principais, foram eles: o ritmo acelerado de industrialização; o rápido crescimento demográfico; a desnutrição generalizada; o esgotamento dos recursos naturais não renováveis; e a deterioração ambiental. Para Furtado (1998), ele foi o primeiro a discutir problemas cruciais que os economistas do desenvolvimento econômico deixam à sombra. Assim como o Clube de Roma, o livro “The Population Bomb”, publicado por Paul Ehrlich, 1968, considerou o crescimento da população mundial uma das principais pressões que causavam os problemas ambientais (Lemos, 1991; Rattner, 1979). Contudo, as previsões do Relatório Meadows ocorreram de forma mais amena o que, para McCormick (1992), causou severos questionamentos ao seu conteúdo. Ele resumiu essas críticas em três pontos: [1] os limites do crescimento são mais políticos e sociais que econômicos; [2] o relatório subestimou o progresso técnico; e [3] o uso de uma análise oriunda de um sistema computacional era limitada.

Apesar das falhas do relatório “Os Limites do Crescimento”, Furtado (1998, p.11) ressalta que:

A novidade está em que o sistema pôde ser fechado em escala planetária, numa primeira aproximação, no que se refere aos recursos não-renováveis. Uma vez fechado o sistema, os autores do estudo formularam-se a seguinte questão: que acontecerá se o desenvolvimento econômico, para o qual estão sendo mobilizados todos os povos da terra, chegar efetivamente a concretizar-se, isto é, se as atuais formas de vida dos povos ricos chegarem efetivamente a universalizar-se? A resposta a essa pergunta é clara, sem ambiguidades: se tal acontecesse, a pressão sobre os recursos não renováveis e a poluição do meio ambiente seria de tal ordem (ou alternativamente, o custo do controle da poluição seria tão elevado) que o sistema econômico mundial entraria necessariamente em colapso.

Esse debate tornou-se acadêmico, dando origem a algumas correntes do desenvolvimento ambiental que serão vistas a seguir.

3.1.1 Ecodesenvolvimento

Braun (2005) assevera a influência que a obra “Os Limites do Crescimento” teve para a realização dos acordos da Conferência de Estocolmo, em 1972, e para propagar internacionalmente o tema do meio ambiente em face do desenvolvimento. Esse assunto foi inicialmente denominado por Maurice Strong de Ecodesenvolvimento, durante a primeira conferência da ONU sobre Meio Ambiente Humano, em 1973. Ele abordava a importância de desenvolver as regiões levando em conta o potencial da área e atentando para o uso racional dos recursos naturais. Posteriormente, Ignacy Sachs buscou traduzir o conceito de ecodesenvolvimento em ações, definindo o termo como:

Um estilo de desenvolvimento que insiste nas soluções específicas de seus problemas particulares, levando em conta os dados ecológicos da mesma forma que os culturais, as necessidades imediatas como também aquelas de longo prazo.

3.1.2 Desenvolvimento sustentável

Barbieri (2007) ressalta que mais tarde, em 1987, a ONU divulgou o relatório de Brundtland que também atentava para a temática ambiental, contudo, com mais otimismo, de modo que recebeu a alcunha de “Nosso Futuro Comum”. O texto, diferentemente do relatório do Clube de Roma, preconizava a capacidade de haver equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e os limites do planeta, estratégia essa denominada desenvolvimento sustentável.

Destarte, “O Nosso Futuro Comum” sugeriu medidas a serem adotadas pelos governos, foram elas: controle do crescimento populacional; garantia de alimentação no longo prazo; preservação do meio ambiente; redução do consumo energético; utilização de energias alternativas que permitam a renovação dos recursos; aumento da produção industrial nos países menos desenvolvidos com base em energias renováveis; controle sobre o êxodo rural em massa; concessão de assistência às sociedades mais pobres *inter alia*. Em suma, o relatório foi amplamente aceito graças a sua capacidade de conciliar posições políticas e teóricas divergentes, permitindo articulações que levariam à Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a RIO-92 (Veiga, 2006).

Silveira (2018) destaca o relatório do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) que apontou a existência de danos irreversíveis ao planeta, oriundos de mudanças climáticas geradas por emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE), que causam a intensificação do Aquecimento Global. Por esses motivos, cresceu a preocupação das nações com suas matrizes energéticas de modo a equilibrar segurança energética, desenvolvimento econômico e proteção do meio ambiente. Para alcançar esse fim é importante eliminar gradualmente as fontes de energia não renováveis, altamente poluentes para o meio ambiente, suplantando-as por novas fontes renováveis.

Andrade e Mattei (2012) ressaltam que o nosso sistema, intensivo no uso de energia, pode realmente estar colaborando para as alterações climáticas vividas pelo planeta, sendo importante buscar uma maior eficiência energética e substituir as fontes fósseis por energias mais limpas. Em 2008, o consumo energético mundial de combustíveis fósseis chegou a 80% naquele ano,

revelando a grande dependência desse tipo de energia, em especial do petróleo. A indústria do petróleo contribui para o crescimento econômico dos países, de modo que as nações, sobretudo as mais industrializadas e desenvolvidas consomem mais desse recurso do que os países em desenvolvimento, tornando um desafio a escolha deles em se desvincular dessa fonte energética (Varjani *et al.*, 2020).

3.1.3 Economia ambiental neoclássica

Romeiro (1999) explica que antes do debate ambiental alcançar a economia, os recursos naturais não figuravam na função de produção, que só considerava o capital e o trabalho. Quando essa temática chegou até a escola neoclássica, inseriu a preocupação com os recursos naturais nas suas análises econômicas, dando origem à escola ambiental neoclássica. Para Romeiro (2003) e Solow (2000), essa teoria considera a existência de uma perfeita substituição entre capital, trabalho e meio ambiente, de modo que os recursos naturais não constituem um limite absoluto ao crescimento da economia no longo prazo. Defende que os progressos científico e tecnológico são os principais causadores do crescimento econômico, porquanto são capazes de elevar a produtividade dos recursos naturais, ajudando a suprir qualquer eventual escassez desse fator.

Montibeller (1999) argumenta que a economia ambiental propõe a criação de um sistema de preços para valorar os recursos ambientais, dado os preços do mercado não refletirem o real valor dos recursos utilizados no processo de produção. Com isso, existe uma diferença entre os custos da empresa e o custo social. Para essa corrente de pensamento, a questão fundamental é descobrir como a alocação de recursos, que é feita através do preço de mercado, pode levar em consideração o valor dos recursos naturais. Assim, a teoria busca internalizar as externalidades negativas geradas ao meio ambiente a partir de uma precificação delas, visando incorporar esses custos sociais aos custos privados.

Alier (1998), p. 69 afirma que:

(...) a economia ambiental e dos recursos naturais parte da suposição de que toda “externalidade”, toda contribuição de um recurso ou serviço ambiental não incluído no mercado, pode, entretanto, receber uma valoração monetária convincente.

Mueller (2007) explica que essa teoria ficou conhecida como hipótese de sustentabilidade fraca, devido a não acreditar que o meio ambiente pudesse reagir de forma mais intensa às degradações causadas pelo sistema produtivo.

3.1.4 Economia ecológica

A economia ecológica é uma escola criada entre as décadas de 1960 e 1970 por Nicholas Georgescu-Roegen e Kenneth Boulding que vislumbra o sistema econômico como uma parte do sistema ambiental. Ela concebe o capital e a natureza como sendo complementares, de modo que os progressos científico e tecnológico seriam limitados pelo meio ambiente. Essa visão menos otimista da tecnologia não ser capaz de superar as restrições ambientais fez com que essa teoria fosse conhecida como hipótese de sustentabilidade forte (Romeiro, 2003). Assim, é fundamental que a produção econômica respeite os limites ambientais para que haja sustentabilidade do sistema no longo prazo.

Georgescu-Roegen (1971) afirmou que o crescimento econômico possui um limite, inserindo em sua análise as leis da termodinâmica, de modo que rejeitava os pressupostos neoclássicos de funcionamento circular da economia. A estrutura analítica por ele utilizada baseou-se nas duas leis da termodinâmica, quais sejam, a lei da conservação da matéria e energia e a lei da entropia. Georgescu-Roegen (1971) aponta que mesmo a energia total do sistema sendo constante, passa por um processo irreversível de um estado disponível para um indisponível, aumentando a entropia. Isso faz com que os recursos tendam a se esgotar ou a existirem, mas de forma que sejam indisponíveis para a exploração ou o uso humano. Esse processo irreversível só

poderia ser contido caso a humanidade direcionasse permanentemente a economia para uma retração, acarretando em um decréscimo do produto. Caso essa medida não fosse adotada, as gerações futuras estariam em inexorável risco de serem comprometidas com a escassez de importantes recursos ambientais.

A visão da economia ecológica incorpora múltiplas perspectivas de análises, consistindo em uma abordagem multidisciplinar, de modo a lançar mão de conceitos das ciências econômicas e das ciências naturais, especialmente a ecologia.

3.2 O caso brasileiro

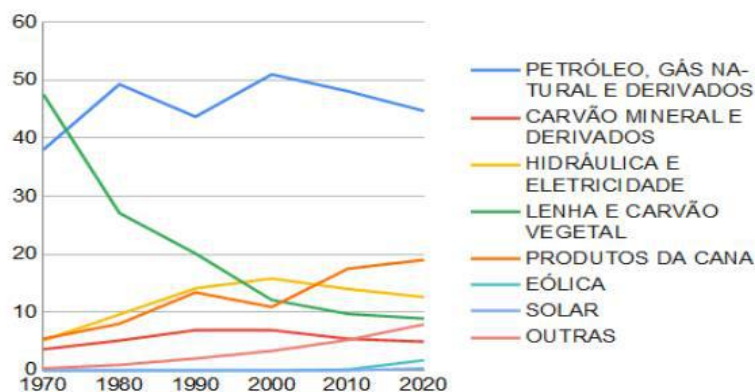
Neste capítulo será inicialmente abordado a evolução da matriz energética brasileira e as suas fontes energéticas predominantes atuais com base em dados do Balanço Energético Nacional. Com isso, será identificado as principais barreiras existentes para a redução do uso de energias com alta pegada de carbono. Posteriormente discutir-se-á com mais detalhes a relação do país com o petróleo, contextualizando o surgimento e o desenvolvimento da indústria petrolífera nacional até a atual condição do país frente a essa fonte energética. Com isso, são sugeridas alternativas para diminuir a necessidade do petróleo, contribuindo para uma matriz energética mais limpa.

3.2.1 A matriz energética brasileira

A matriz energética consiste no conjunto de fontes disponíveis em uma região usada para suprir a demanda de energia, sendo composta por fontes renováveis e não renováveis. Nos últimos 50 anos, o Brasil viveu um grande desenvolvimento econômico que pressionou o crescimento da demanda por energia primária. Isso ocorreu devido a fatores como processo de industrialização, crescimento populacional e rápido aumento da urbanização. Dados da série histórica da EPE mostram que em 1970, com 94,5 milhões de habitantes, a demanda por energia primária era de aproximadamente 67 milhões de TEP. No ano de 2000, a demanda energética alcançou 190 milhões de TEP e a população tinha elevado o número para 170 milhões de habitantes (EPE, 2022).

O Gráfico 1 revela que, conquanto nessas últimas décadas o Brasil tenha diversificado a sua matriz, ampliando o uso de fontes limpas, o petróleo e o gás natural ainda consistem nas principais fontes energéticas utilizadas. Isso gera preocupação dado que o petróleo é um recurso altamente poluente para o meio ambiente, sendo responsável pela emissão de gases de efeito estufa e, por conseguinte, contribuindo para o aquecimento global.

Gráfico 1 – Oferta interna de energia por fontes (1970-2020).

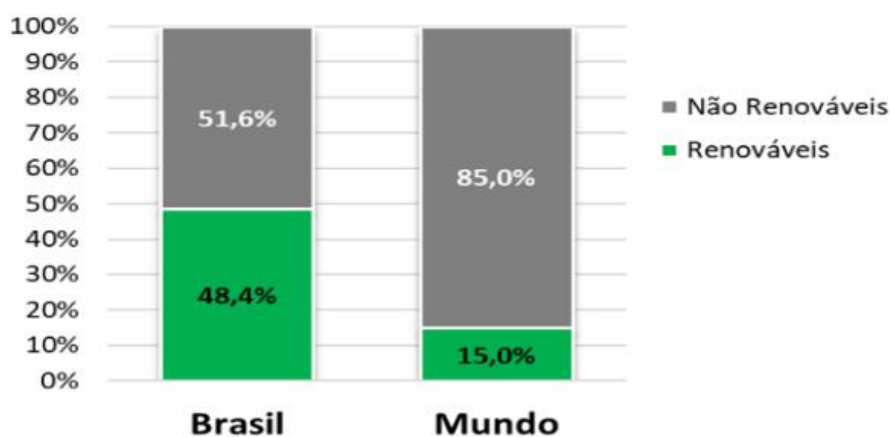


Fonte: Elaboração própria com dados do BEM (2022).

Outra fonte energética existente na matriz brasileira é a nuclear, na qual a energia é oriunda do calor da fissão do núcleo de átomos radioativos. Ela é considerada esgotável, não renovável e limpa, pois não libera na atmosfera os gases responsáveis pelo aumento do aquecimento global. Além das usinas nucleares que produzem energia limpa, elas se destacam das demais fontes por não necessitarem de grandes áreas para a sua instalação e por não dependerem de fatores climáticos (chuva, sol ou vento) para o seu funcionamento. Os Estados Unidos, líder na área, com o maior parque nuclear do mundo, e outras nações desenvolvidas como o Japão, França e Alemanha estão investindo demasiadamente na implantação de usinas de quarta e quinta geração, que são altamente seguras. O Brasil ainda explora pouco essa fonte energética e possui apenas as usinas Angra 1 e Angra 2 em operação.

Em 2020, aproximadamente a metade da matriz energética brasileira era composta por fontes renováveis, contrastando com a matriz mundial que utilizou apenas 15% de fontes limpas naquele ano (EPE, 2022). Vide Gráfico 2.

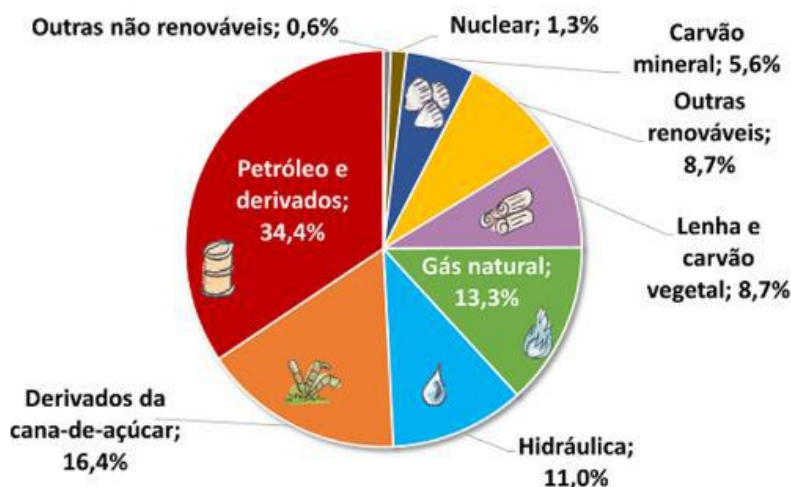
Gráfico 2 – Matriz energética Brasil e Mundo em 2020.



Fonte: Elaboração própria com dados do EPE (2022).

O gás natural, mesmo tendo menores fatores de emissão do que os outros combustíveis fósseis, apresenta crescimento do seu percentual de participação na matriz nacional. Destarte, o petróleo continua sendo a fonte energética mais preocupante na trajetória pelo desenvolvimento sustentável, pois é necessário para o desenvolvimento econômico do país, mas causa elevado dano ambiental. Segue abaixo o Gráfico 3 que ilustra a matriz energética nacional do ano de 2021.

Gráfico 3 – Matriz energética brasileira 2021.



Fonte: Elaboração EPE, fonte: BEN (2022).

Para reduzir a pegada de carbono de sua matriz energética, o Brasil pode explorar o alto potencial que possui de aumentar o uso de fontes renováveis como energia solar e eólica. O território brasileiro é munido de condições climáticas especiais e propensas para a geração dessas fontes, visto possuir elevada incidência solar quase o ano todo. Porém, mesmo com o aumento da participação de fontes renováveis na matriz energética nacional, projeta-se que o nível de emissões deva crescer nos próximos anos. Uma solução para gerar crescimento sem ocasionar grande demanda por energia e garantir segurança energética é promover medidas para incrementar a eficiência das fontes, de modo que, com uma mesma quantidade de energia (mesmo conteúdo energético) será possível produzir mais do que outrora.

3.2.2 Economia do petróleo no Brasil

Cardoso (2005) divide a história do petróleo brasileiro em quatro fases distintas, sendo: primeira fase, marcada pela presença da livre iniciativa nas explorações, que durou até 1938; segunda fase, iniciada com a criação do CNP, em 1938, e caracterizada pela nacionalização das riquezas do subsolo; terceira fase, iniciada com o estabelecimento do monopólio estatal, em 1953, que criou a Petrobras; e a quarta fase, marcada pela flexibilização do monopólio, iniciada em 1997, quando da criação do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e da Agência Nacional do Petróleo (ANP).

O Brasil só conseguiu explorar petróleo décadas após o início da extração nos Estados Unidos, tanto pela escassez de recursos e incentivos para tal, como pela existência de burocracias. A saber: a legislação então vigente, resquício do período imperial, demandava concessões para a exploração do subsolo, visto ele pertencer ao Estado (Dias, Quaglino; 1993). Após algumas perfurações frustradas, uma grande jazida de petróleo foi encontrada na região de Lobato (Bahia), em 1939, e anos depois, em 1941, foi criado o campo de exploração petrolífera de Candeias (BA). Em 1938, Getúlio Vargas criou o Conselho Nacional de Petróleo (CNP) para regular a indústria do petróleo e do gás natural no Brasil, via legislação que dava ao governo o controle da exploração e refino do petróleo, criando um monopólio estatal sobre o setor. Em 1945, a CNP passou a defender a necessidade da contribuição do capital estrangeiro em algumas atividades do petróleo brasileiro. Parte das funções desse órgão foram absorvidas pela Petrobras, criada em 1953, até que ele foi extinto em 1960, quando incorporado pelo Ministério de Minas e Energia.

Pinto Jr. *et al.*, (2007) lembra que o aumento da necessidade energética cresceu em todo o mundo após a Segunda Guerra Mundial e no Brasil a preocupação foi ainda maior em face do período de industrialização nacional pautado no governo Vargas.

Percebendo essa vulnerabilidade e com o intuito de desenvolver a indústria petrolífera nacional, surgiu a campanha “O Petróleo é Nosso”, desenvolvida em 1948 pelo Centro de Estudos de Defesa do Petróleo, criado nesse mesmo ano e posteriormente transformado no Centro de Estudos e Defesa do Petróleo e da Economia Nacional (CEDPEN).

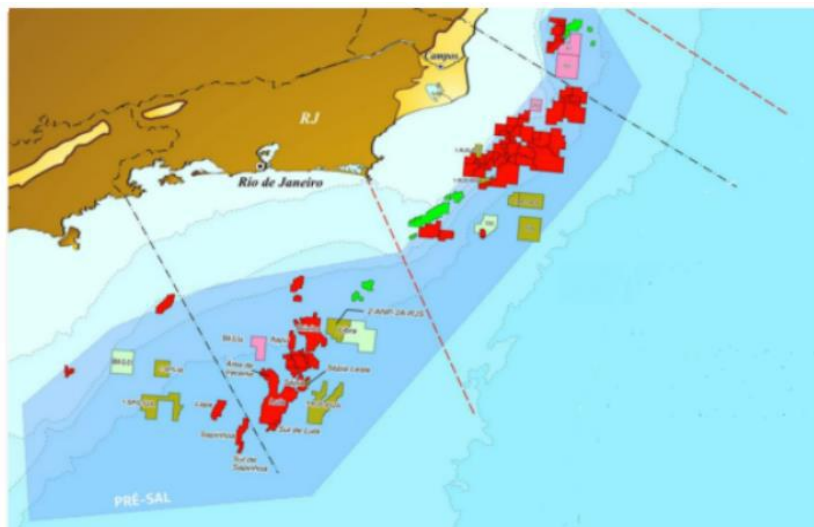
A criação da “Petróleo Brasileiro S.A.”, mais conhecida como Petrobras, constituía um novo marco para a independência econômica do país, segundo dito por Getúlio Vargas. Com o intuito de explorar petróleo em águas profundas, no ano de 1966, foi criado o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Miguez de Mello (CENPES) para desenvolver P&D, realizando pesquisas tecnológicas na área e aumentando o índice de nacionalização dos equipamentos necessários à Petrobras. Em de 1968, a Petrobras iniciou a prospecção em águas profundas e nesse mesmo ano já descobriu petróleo a ser explorado no mar do estado de Sergipe. Nos anos que se seguiram, a empresa aumentou mais ainda a sua expertise na exploração de petróleo em alto mar de modo que, em 1996, bateu o recorde mundial com a extração de petróleo a 1.877 metros de profundidade no poço do Roncador (PR) (Villela, 1984 apud Souza, 2010).

As crises do petróleo, ocorridas nos anos 70, propeliram o Brasil a aplicar medidas estratégicas com vistas ao suprimento do consumo doméstico, como o investimento em prospecção *offshore*. Como fruto desse esforço, a Bacia de Campos foi descoberta em 1974 e até hoje constitui a maior reserva petrolífera brasileira, com área de aproximadamente 100 mil quilômetros quadrados e estendendo-se do estado do Espírito Santo ao Rio de Janeiro. Atualmente o Brasil possui cerca de 55 campos de exploração de petróleo, com 36 responsáveis por quase 84% da produção nacional.

O ano de 1997 marcou o início da quarta fase da história do petróleo brasileiro descrita por Cardoso (2005): a abertura do setor de petróleo nacional. A lei número 9.478, conhecida como Lei do Petróleo, sancionada pelo então presidente Fernando Henrique Cardoso, deu fim ao monopólio estatal sobre as atividades de exploração, produção, refino e transporte do petróleo no Brasil. Foi instituído o regime de concessão, permitindo às empresas privadas o direito de explorar petróleo no país a partir do pagamento de bônus de assinatura, royalties e participação especial. O bônus de assinatura consiste no valor pago pela concessionária vencedora de licitação de campos exploratórios, na assinatura do contrato, para poder realizar suas atividades de pesquisa e exploração no campo. Seu valor mínimo é determinado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) no leilão. Os *royalties* são uma alíquota do total da produção paga ao governo como uma forma de compensar financeiramente pela exploração de recursos não renováveis. Já a participação especial equivale a uma taxa paga pela exploração em campos com alta produtividade.

O regime regulatório seria alterado novamente em 2010, com a adoção de um regime misto que alia concessões e partilha da produção com a justificativa que isso permitiria um aumento das participações governamentais. A lei estabeleceu o regime de partilha a ser adotado nas áreas do polígono do pré-sal e em outras regiões de exploração estratégica, que equivalem a 2% da área total das bacias sedimentares nacionais. No resto do território, permaneceria vigorando o regime de concessão, definido em 1997. Ademais, ainda em 2010, a União decidiu adquirir mais ações da Petrobras e criou a empresa estatal Pré-Sal Petróleo S.A (PPSA) para representá-la nos consórcios relacionados ao pré-sal. A Figura 1 mostra a área do pré-sal.

Figura 1 – Região do pré-sal.



Fonte: <https://petrobras.com.br/>.

Em 2006, a Petrobras divulgou a descoberta do pré-sal: uma grande reserva de petróleo e gás natural situada em águas profundas na costa brasileira e que traria novas perspectivas para a indústria petrolífera nacional (Figura 1). Essa área é formada por rochas sedimentares formadas há mais de 100 milhões de anos, localiza-se sob uma espessa camada de sal e pode chegar a ter até dois mil metros de espessura. Essa camada de 200 quilômetros de largura se estende do litoral do estado de Santa Catarina até o Espírito Santo, abrangendo uma faixa de 800 quilômetros (PETROBRAS).

O anúncio dessa grande reserva trouxe muita expectativa ao cenário socioeconômico da época, indicando uma expansão econômica à vista em face do potencial de aumento da produção diária combinada com a crescente demanda mundial de petróleo. Todavia, a eclosão de escândalos políticos de corrupção vinculados à Petrobras, impactou os investimentos na área, porém, a reserva não deixou de ser atrativa, graças ao seu imenso potencial de produção.

Em 2010, a Petrobras iniciou a prospecção do pré-sal na Bacia de Campos, no Espírito Santo, e desde então o setor petrolífero nacional cresceu, aumentando a produção diária dessa *commodity*. Com efeito, segundo a ANP, as produções anuais médias de petróleo e de gás natural do Brasil bateram recordes em 2022. A extração de petróleo alcançou a marca de 3,021 milhões de barris/dia (bbl/d), 2,47% maior do que o recorde registrado no ano de 2020 de 2,948 milhões de bbl/d. Em dezembro desse mesmo ano, a produção do pré-sal correspondeu a 2,986 milhões de boe/d, representando 75,5% do total da produção nacional, representando um aumento de 10,2% em comparação com o mesmo mês do ano anterior. Os campos marítimos foram responsáveis por 97,6% dessa produção e os campos operados pela Petrobras, sozinha ou em consórcio com outras empresas, corresponderam a 91,15% do total extraído.

3.2.3 Alternativas para mitigar a utilização do petróleo

O planejamento da política energética é capaz de reduzir o percentual de utilização do petróleo na matriz nacional, suplantando-o por fontes renováveis como hidroelétrica, biomassa, eólica e solar (fotovoltaica). Atualmente as energias hidrelétrica e da biomassa (especialmente representada pelos derivados da cana-de-açúcar) representam a maior porcentagem de energias limpas na matriz brasileira. Porém, as fontes solar e eólica possuem elevado potencial de geração de energia limpa e não causam danos à biodiversidade nem à comunidade local, como pode ocorrer nos casos das outras fontes citadas.

O Brasil apresenta elevado potencial para a geração de energia solar, possuindo média anual de irradiação alta e uniforme em todo o território. A região brasileira que menos recebe energia solar possui incidência por metro quadrado quatro

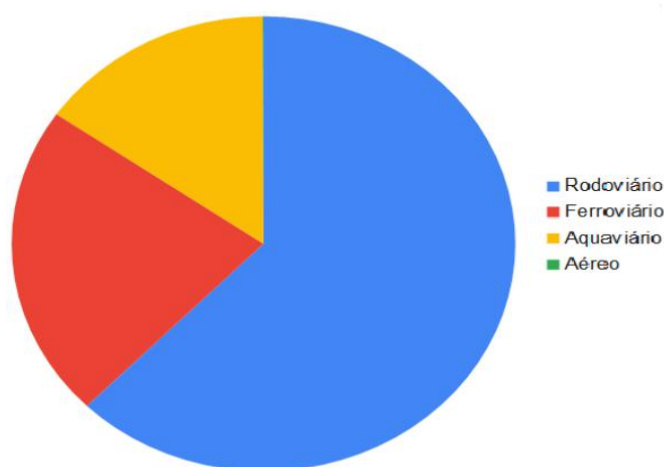
vezes maior do que o valor apresentado na Alemanha, país líder mundial de aproveitamento de energia solar. Destarte, é imprescindível investimentos públicos e privados nesse setor que está subaproveitado, além da criação de financiamentos para difundir essa tecnologia que ainda possui alto custo de instalação. Essa fonte energética é benéfica para suprir a demanda por energia elétrica em áreas isoladas, visto não precisar de grandes linhas de distribuição e é duradoura, com a vida média de 25 anos para um sistema fotovoltaico. Hoje existem linhas de crédito para financiar a implantação de energia solar para pessoas físicas, agricultores, empresas e indústrias nos principais bancos do país.

A energia eólica é utilizada desde os tempos antigos com moinhos de vento usados para moer grãos e bombear água para as atividades agrícolas. Ela consiste em uma fonte energética limpa, renovável, de baixo impacto ambiental, competitiva e estratégica para a composição da matriz energética nacional. Segundo a ABEEólica (Associação Brasileira de Energia Eólica), o Brasil se destaca pela sua capacidade de produção de energia eólica, ocupando o sexto lugar no Ranking Global de Capacidade instalada onshore. Dados do GWEC (Global Wind Energy Council) apontam as regiões Norte e Nordeste como as com maior potencial de geração de energia eólica do país. Essas regiões podem se beneficiar com o crescimento deste setor visto que a implantação de usinas eólicas causam um impacto positivo no PIB e no desenvolvimento local, gerando 11 postos de trabalho adicionais para cada MW instalado. Os proprietários também podem ganhar renda extra por meio do arrendamento de suas terras para a colocação das torres. O desafio para o crescimento dessa fonte reside nos altos custos necessários para a implantação das torres eólicas, o que demanda a captação de investimentos privados, que estão em ascendência nesse setor.

3.2.3.1 Substituição do modal rodoviário por outros modais menos poluentes

A rede de sistemas de transporte é um fator primordial para o desenvolvimento econômico e integração do país, permitindo o escoamento da produção entre as regiões. O modal rodoviário se destaca na matriz de transporte brasileira por ser o mais utilizado com percentual de 62,4% em 2021 entre todos os demais modais (EPE, 2022), como mostra o Gráfico 4. No entanto, esse modal é responsável por alta taxa de emissão de gás carbônico, poluente danoso ao meio ambiente e um dos principais causadores do Efeito Estufa.

Gráfico 4 – Matriz de transportes brasileira em 2021.



Fonte: Elaboração própria com dados da EPE (2022).

A Tabela 1 aponta que, após uma queda no uso de petróleo e derivados pelo setor de transportes nas primeiras décadas, o consumo voltou a crescer consideravelmente nos últimos 10 anos.

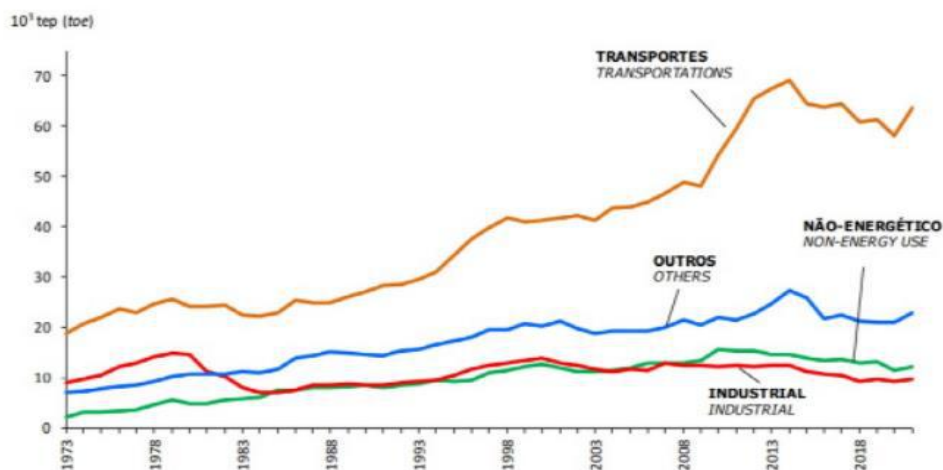
Tabela 1 – Consumo de petróleo e derivados (1970-2020).

Anos	Total 10 ³ TEP	Consumo Final Energético	Transportes	Industrial
1970	24.685	90,30%	52,60%	22,90%
1980	54.441	88,50%	44,40%	26,90%
1990	58.632	83,30%	46%	14,50%
2000	88.134	81,10%	46,70%	15,70%
2010	105.150	81,40%	52,50%	11,80%
2020	99.013	85,70%	58,70%	9,40%

Fonte: Elaboração própria com dados do BEM (2022).

O percentual majoritário do consumo de petróleo e seus derivados ocorre no setor de transportes, perfazendo quase 60% do total demandado, como indicam os dados da Tabela 1 e do Gráfico 5 ilustrado abaixo.

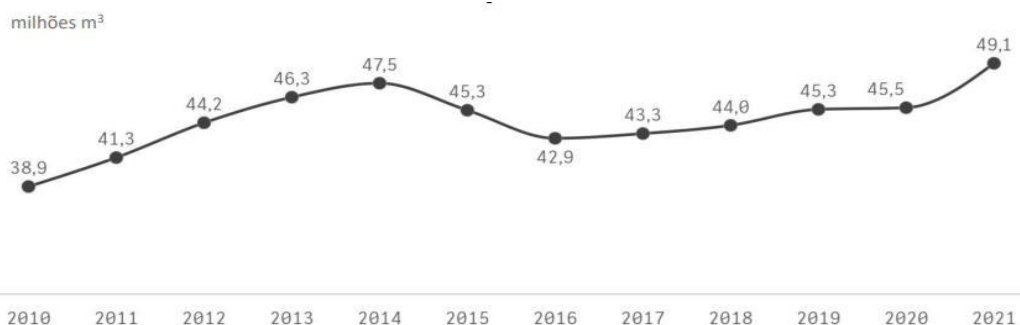
Gráfico 5 – Consumo total de derivados de petróleo e de gás natural no Brasil.



Fonte: <https://www.epe.gov.br/>.

A demanda energética do transporte de cargas continua concentrada no uso do óleo diesel, visto não haver perspectiva de surgimento de outras fontes substitutas de modo expressivo para veículos pesados. O Gráfico 6 indica uma trajetória crescente do consumo de óleo diesel nesse setor durante a última década.

Gráfico 6 – Consumo de óleo no setor de transportes.



Fonte: ANP e Balanço Energético Nacional 2021 – EPE/MME.

O desenvolvimento da malha ferroviária foi iniciado com esforços do Barão de Mauá e abandonado com a prioridade de Juscelino Kubitschek em industrializar o país via montadoras de carros, abandonando o interesse nas ferrovias. Conquanto elevou-se a participação do modo ferroviário, o transporte rodoviário ainda mantém grande representatividade na demanda energética total do transporte de cargas. Então, é fundamental a promoção de medidas voltadas para melhorar a eficiência da estrutura desse modal e buscar suplantá-lo pelos modos ferroviário e aquaviário, que possuem menor consumo específico de energia e, por conseguinte, emitem menos poluentes. Vide Gráfico 7 que indica a participação dos modais de transporte na emissão do gás dióxido de carbono. O Brasil possui elevado potencial geográfico para desenvolver esses modais, mas por falta de investimentos em infraestrutura de ferrovias e portos, são subaproveitados. Portanto, uma alternativa para reduzir o consumo de petróleo nesse setor e a consequente emissão de poluentes ao meio ambiente é a alteração da matriz de transportes nacional, ampliando os modais ferroviário e aquaviário que são mais limpos.

Gráfico 7 – Emissão de dióxido de carbono no setor de transportes.



Fonte: Balanço energético Nacional 2022 – EPE/MME.

3.2.3.2 Reduzir o uso de veículos de passeio poluentes

Outra medida útil para diminuir o consumo de petróleo é incentivar o uso de transportes públicos nos grandes centros urbanos como alternativa ao uso do carro de passeio. Para isso é basilar uma melhoria no sistema de transportes urbanos de modo que a população seja capaz de se locomover de maneira rápida, eficaz e confortável. Assim, o investimento em transportes coletivos do tipo: ônibus, metrô, VLT (veículo leve sobre trilhos) e BRT (*bus rapid transit*) são imprescindíveis. Concomitantemente o governo deve conceber projetos com o intuito de melhorar a infraestrutura urbana, propiciando um menor uso de veículos individuais.

A promoção de veículos elétricos em detrimento daqueles que fazem uso de combustíveis fósseis também é uma opção para diminuir a pegada de carbono no setor de transportes. O governo pode concretizar isso através de subsídio ou linhas de crédito para compra de veículos elétricos nos principais bancos e por meio de incentivos para a criação de uma indústria nacional que produza carros populares elétricos no país. A saber: os veículos elétricos atualmente disponíveis no Brasil custam mais de 100 mil reais, o que deixa essa possibilidade fora do orçamento da maioria da população.

4. Considerações Finais

No presente trabalho foi apresentada a matriz energética nacional, que é altamente diversificada e menos dependente do petróleo do que a média mundial. Ainda assim, o Brasil desperdiça a oportunidade de ampliar a porcentagem de fontes limpas e de reduzir mais ainda a utilização do petróleo. O território brasileiro é munido de elevado potencial natural de fontes limpas como é o caso da energia eólica e solar. Durante todo o ano, o Brasil é atingido por correntes de ventos e iluminado com alta incidência de energia solar, mas em decorrência de falta de investimentos, subaproveita essas energias.

Outro empecilho que rodeia a matriz energética brasileira é oriundo da matriz de transportes nacional, altamente pautada no transporte rodoviário. Novamente o Brasil tem grande capacidade de se desvincular desse modal e utilizar alternativas mais sustentáveis, como os transportes ferroviário e o aquaviário. O seu território é banhado por muitos rios, possui grande extensão de costa marítima e é plano, propiciando a ampliação desses dois modos de transporte que são menos intensivos em petróleo, ou seja, causam menos danos ambientais. O problema jaz na falta de investimentos e de infraestrutura para esses modais que só recentemente voltaram a ser alvo do interesse do governo, porém ainda em menor proporção do que seria o ideal.

Foram propostas algumas mudanças com o objetivo de sobrepujar as barreiras que limitam a ampliação das fontes energéticas limpas na matriz brasileira. Ações em diversos campos podem ser tomadas para melhorar esse cenário, não obstante, os três pontos mais transformadores consistem em: crescimento das fontes renováveis, precipuamente a solar e a eólica; transformação do modal de transportes, suplantando o modo rodoviário pelo ferroviário e aquaviário; e investimento em veículos movidos a fontes limpas e em mobilidade urbana, desenvolvendo um sistema de transportes urbanos que permita a população utilizar menos veículos individuais e, assim, reduzir o uso de petróleo e as emissões de poluentes. Em suma, o Brasil é o país das potencialidades.

Considerando o exposto, este trabalho almeja colaborar na discussão sobre a temática do desenvolvimento sustentável brasileiro, sugerindo alternativas para a redução do uso do petróleo e para o incremento da utilização de fontes renováveis e limpas. Destarte, sugere-se a realização de mais estudos nessa área, especialmente relacionando a matriz de transportes à matriz energética, visto a relação existente entre o uso de combustíveis fósseis e os principais modais de transporte existentes no país. Uma maior compreensão acerca desse assunto contribuirá demasiadamente para promover uma mudança nesse quadro, auxiliando o desenvolvimento sustentável do Brasil.

Referências

- Agência Nacional do Petróleo [ANP] (2022). <http://www.anp.gov.br>.
- Alier, J. M. (1998). *Da Economia Ecológica ao Ecologismo Popular*. Blumenau: Editora da Furb.
- Andrade, A. L. C., & Mattei, L. F. (2012) *O trinômio Economia, Energia e Meio Ambiente*. Nexus Econômicos – CME-UFBA, 6(10). https://www.researchgate.net/publication/280298695_O_TRINOMIO_ECONOMIA_ENERGIA_E_MEIO_AMBIENTE.
- Associação Brasileira De Energia Eólica – ABEEólica. <http://abeeolica.org.br>. Acesso em: 20 jan. 2023.
- Barbieri, J.C. (2007). *Gestão Ambiental da Inovação: conceitos, modelos e instrumentos*. (2a ed.), Saraiva.
- Braun, R. (2005). *Novos paradigmas ambientais: Desenvolvimento ao ponto sustentável*. (2a ed.), Vozes.
- Brundtland, G.H. (1987). *Our common future*. Report of the World Commission of Environment and Development – Baltimore: United Nations.
- Cardoso, L. C. (2005). *Petróleo, do poço ao posto*. (2a ed.), QualityMark.
- Dias, J. L. M., & Quaglino, M. A. (1993). *A questão do petróleo no Brasil: uma história da PETROBRAS*. CPDOC: PETROBRAS.
- Dória, P. R. (1976). *Energia no Brasil e Dilemas do Desenvolvimento*. Vozes.
- Eisenhardt, K. M. (1989). *Building Theories from case study research*. The Academy of Management Review. 14(4), 532-550. <https://doi.org/10.2307/258557>.

- Eletronuclear. *Energia Nuclear*. <https://www.eletronuclear.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/espaco-do-conhecimento/Paginas/Energia-Nuclear.aspx>. Acesso em: 10 jan. 2023.
- Empresa de Pesquisa Energética [EPE] (2022). *Balanço Energético Nacional 2022*. <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-638/BEN2022.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2022.
- Empresa de Pesquisa Energética [EPE] (2022). *Estudos do Plano Nacional de Expansão de Energia 2031 – Demanda Energética do Setor de Transportes*. http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-607/topico-591/Caderno%20de%20Demanda%20de%20Transportes_PDE%202031_2022.02.09.pdf#search=transporte. Acesso em: 20 dez. 2022.
- Furtado, C. (1998). *O Mito do Desenvolvimento Econômico*. (2a ed.), Paz e Terra.
- Silveira, P.G. (2018) *Energia e mudanças climáticas: impactos socioambientais das hidrelétricas e diversificação da matriz energética brasileira*. *Opin. Jurid., Medellín*, 17(33), 123-147. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-25302018000100123&lng=en&nrm=iso.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge: Harvard University Press.
- Landes, D. S. (1994). *Prometeu desacorrentado: Transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa Ocidental, desde 1750 até a nossa época*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Lemos, H. M. de. (1991). *O Homem e o Meio Ambiente In: Anais do Fórum Universidade e o Desenvolvimento Sustentável*. p. 3-11. Fundação MUEDES.
- McCormick, J. (1992). *Rumo ao Paraíso: A História do Movimento Ambientalista*. Relume-Durnarã.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens III, W. W. (1973). *Limites do Crescimento: Um relatório para o projeto do Clube de Roma sobre o dilema da humanidade*. Editora Perspectiva.
- Montibeller-Filho, G. (1999). *O Mito do Desenvolvimento Sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias*. Tese, Programa Interdisciplinar de Doutorado em Ciências Humanas: Sociedade e Meio Ambiente/ CFH-UFSC.
- Mueller, C. C. (2007). *Os Economistas e as Relações entre o Sistema Econômico e o Meio Ambiente*. Brasília: Editora UnB.
- Observatório Nacional de Transporte e Logística [ONTL], Empresa de Pesquisa e Logística S. A. [EPL] (2022). *Anuário Estatístico de Transportes 2010-2021*. <http://ontl.epl.gov.br/wp-content/uploads/2022/08/Anuario-Estatistico-2010-2021-Formatado-29.07.2022-16h03.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2022.
- Oliveira, L. D. (2012). *Os “Limites do Crescimento” 40 anos depois*. *Revista Continentes*, Rio de Janeiro, ano 1, n. 1. <http://www.revistacontinentes.com.br/index.php/continentes/article/view/8/7>. Acesso em: 07 ago. 2022.
- Petróleo Brasileiro S.A. [PETROBRAS]. <http://petrobras.com.br/pt/>. Acesso em: 20 jan. 2023.
- Pinto Júnior, H. Q., Almeida, E. L. F. de, Bomtempo, J. V., Dias, M. I. de P., Bicalho, R. G. (2007). *Economia da Energia*. Elsevier/Campus.
- Rattner, H. (1979). *Estudos do Futuro: introdução à antecipação tecnológica e social*. Fundação Getúlio Vargas.
- Romeiro, A. R. (1999). *Desenvolvimento Sustentável e mudança institucional: notas preliminares*. Texto para discussão, IE/UNICAMP, (68).
- Romeiro, A. R. (2003). *Economia ou Economia Política da Sustentabilidade: Economia do Meio Ambiente, Teoria e Prática*. (4a ed.), Editora Elsevier.
- Rother, E. T. (2007). *Revisão sistemática X revisão narrativa*. <https://doi.org/10.1590/S0103-21002007000200001>. Acesso em: 07 mar. 2023.
- Sachs, I. (2004). *Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado*. Garamond.
- Solow, R. M. (2000). *Growth Theory. An Exposition*. (2a ed.), Oxford University Press.
- Souza, F. R. (2006). *Impacto do preço do petróleo sobre a política energética mundial*. 171f. Dissertação. Programa de Mestrado em Ciências em Planejamento Energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Varjani, S., et al. (2020). *Treatment of wastewater from petroleum industry: current practices and perspectives*. *Environ Sci Pollut Res Int*.
- Veiga, J. E. (2006). *Desenvolvimento sustentável: O desafio do século XXI*. Garamond.