
A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA SOB UMA PERSPECTIVA CRÍTICA

The Energy Transition Under A Critical Perspective

Murilo Miceno Frigo¹

Fernando de Lima Caneppele²

Emmanuel Zullo Godinho³

RESUMO

As discussões sobre energia e sociedade, quase sempre se justificam através da afirmação de que a humanidade está cada vez mais dependente da energia e que as fontes fósseis devem exaurir em breve. Somado a esse fator, estudos apontam para mudanças climáticas que devem desencadear eventos extremos se algo não for feito para reverter esse cenário em tempo recorde. Nesse contexto emerge o apelo para uma transição energética de baixo carbono. Porém as evidências históricas apontam para uma transição lenta e fortemente dependente da base material que a precede, ou seja, os combustíveis fósseis, principalmente no que tange aos estímulos econômicos que sempre se sobrepõem aos fatores ambientais. Conclui-se com base na revisão feita neste trabalho que não há uma expectativa concreta para uma transição energética no curto prazo conforme estabelecido pelos acordos internacionais na sociedade capitalista contemporânea.

Palavras-chave: energia alternativa, energias renováveis, mudanças climáticas, transição energética.

ABSTRACT

Discussions about energy and society are almost always justified by the statement that humanity is increasingly dependent on energy and that fossil sources will soon run out. Added to this factor, studies point to climate changes that should trigger extreme events if something is not done to reverse this scenario in record time. In this context, the call for a low-carbon energy transition emerges. However, historical evidence points to a slow transition and heavily dependent on the material base that precedes it, that is, fossil fuels, especially with regard to economic stimuli that always overlap environmental factors. Based on the review made in this work, it is concluded that there is no concrete expectation for an energy transition in the short term as established by international agreements in contemporary capitalist society.

Key-words: alternative energy, climate change, energy transition, renewable energy.

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola (FCA/UNESP), professor E.B.T.T. no IFMS. murilo.frigo@ifms.edu.br

² Doutor em Agronomia/Energia na Agricultura (FCA/UNESP), Professor Associado (USP), caneppele@usp.br

³ Doutor em Agronomia/Energia na Agricultura (FCA/UNESP), emmanuel.godinho@unesp.br

1. INTRODUÇÃO

As discussões sobre energia e sociedade, quase sempre se justificam através da afirmação de que a humanidade está cada vez mais dependente da energia e que a extração dos recursos naturais para esse fim são responsáveis por impactos ambientais ou ainda determinados a se exaurir em breve. A noção de que os recursos naturais disponíveis para a produção de energia são finitos é, sobretudo, um produto das crises provenientes dos “choques do petróleo” da década de 70. Desde a revolução industrial que levou a humanidade a aumentar rapidamente seu padrão de consumo de energia, os hidrocarbonetos, principal fonte primária da era industrial, apresentavam uma oferta abundante e barata, o que em partes explica a falta da percepção que o seu uso deveria ocorrer de forma parcimoniosa (LEITE, 1997).

Já a noção de um impacto ambiental, de proporções globais emergiu na década de 80, com a divulgação de estudos científicos. O crescimento populacional, a urbanização e a industrialização demandam altos níveis de consumo de energias fósseis o que leva a elevadas emissões de gases tóxicos atribuídos ao efeito estufa e conseqüente mudanças climáticas. Na tentativa de uma mobilização internacional no sentido de se implementarem medidas para mitigar e reverter esses impactos ambientais uma série de conferências, encontros e manifestos foram realizados, tais como a Conferência da Comissão Mundial sobre o Desenvolvimento e o Meio Ambiente, das Nações Unidas, que teve como resultado a publicação do relatório “Nosso Futuro Comum”, seguida da Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente, que aconteceu em 1992 na cidade do Rio de Janeiro, entre outras (GONZÁLEZ, 2018; LEITE, 1997).

Dessa forma a sociedade contemporânea está diante de um dilema, que consiste em garantir o abastecimento das necessidades humanas, presentes e futuras, conceito de sustentabilidade e ao mesmo tempo evitar um cataclisma global. A conclusão aparentemente trivial foi de que, “algo precisa ser feito”, novas tecnologias alternativas devem ser desenvolvidas, soluções mais sustentáveis devem conduzir a humanidade a uma utilização mais racional da energia, de uma nova ética ambiental e nesse contexto o conceito de Transição Energética emergiu.

O conceito de transição energética consiste na substituição da matriz energética, atualmente baseada principalmente na energia fóssil, com forte participação de grandes hidrelétricas, como é o caso do Brasil e ainda termoeletrônicas, por fontes alternativas de energia. O conceito de energia alternativa é resultado da crise energética da década de 70 e são caracterizadas, majoritariamente por

energia renováveis, exceto as grandes hidrelétricas, tais como a energia solar, eólica, combustíveis renováveis, entre outros (GONZÁLEZ, 2018).

Uma transição energética parece à primeira vista uma “ótima ideia”, tem apelo na inovação tecnológica e ambiental, se bem articulada economicamente poderia fomentar mercados e gerar empregos, como é amplamente defendido pelas organizações relacionadas as energias renováveis. Apesar do otimismo gerado pela ideia da transição energética algumas questões precisam ser levantadas, como os fatores que levaram a humanidade para as ‘transições energéticas já realizadas’; os processos que a humanidade estabeleceu na apropriação dos recursos naturais para produção de energia; o conceito de uso “racional” da energia e se a possível escassez dos recursos energéticos e os impactos ambientais relativos à intensa exploração atual dos recursos irão levar a humanidade a uma crise seguida de um colapso ou seria a crise energética o resultado de uma crise social já existente.

A fim de estabelecer uma base teórica inicial para explorar essas e outras questões lançou-se mão nesse trabalho de uma pesquisa narrativa que objetiva um breve resgate histórico e material da apropriação humana dos recursos naturais para produção e utilização de energia.

2. UMA BREVE HISTÓRIA DA APROPRIAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA

A origem da história do homem na terra é datada por volta de 7 milhões de anos no continente africano. Acredita-se que mudanças climáticas ambientais severas alteraram significativamente as características naturais da África, proporcionando a predominância de uma vegetação rasteira, com poucas árvores denominada savana. O homem então se desenvolveu para a locomoção bípede e altera sua maneira de perceber e interagir com o ambiente.

O Homem Primitivo, que surgiu na Terra a cerca de um milhão de anos e habitou o planeta por cerca de novecentos mil anos contava com a energia do próprio metabolismo, cerca de 2000 kcal/dia para sobreviver. Se apropriava da energia basicamente através dos alimentos que consumia. Como ainda não fazia uso do fogo, a própria digestão era responsável por todo o trabalho do aproveitamento energético. O fluxo energético por consequência era o fluxo da energia solar, apropriado através da fotossíntese e da cadeia alimentar.

O Homem caçador, surge a aproximadamente cem mil anos e já faz o uso do fogo para aquecimento e cocção, era capaz de selecionar de melhor maneira seus alimentos, focado nos grandes herbívoros. A cocção possibilitou expandir a matriz alimentar humana, melhor conforto térmico e

controle das más condições de tempo, proteção contra outros animais, o que possibilitou ao homem expandir sua ocupação territorial e um aumento populacional. Com isso passa a incorporar na matriz energética humana uma parcela do fluxo energético para moradia além de um aumento de disponibilidade de calorias para o metabolismo interno. Além do fluxo da energia solar obtido pela alimentação o homem também passa, através da combustão (fogo) a reverter o fluxo da fotossíntese e obter calor para aplicações externas ao metabolismo biológico. Dessa forma pode-se dizer que a homem passa a exercer um “metabolismo social” onde através do fogo modifica a natureza através do trabalho termodinâmico e modifica-se a si mesmo, suas relações materiais com a natureza, através do aprimoramento de utensílios e suas relações sociais através do uso do fogo para conforto térmico, proteção, cocção. Estudos apontam que o fogo modificou significativamente o homem do ponto de vista fisiológico e social, mudanças que vão da estrutura da arcada dentária, tamanho do sistema digestivo e cérebro e estruturas sociais como a fala, a família, a relação com a prole, e o desenvolvimento cultural-tecnológico (JUDSON, 2017; GONZÁLEZ, 2018).

Mudanças climáticas e o aumento da população humana lavaram o homem caçador para a o desenvolvimento da agricultura. Surge o Homem Agrícola Primitivo, por volta de cinco mil anos antes de cristo. Basicamente o homem desse período era capaz de cultivar a terra e fazer o uso da força animal. Assim poderia selecionar os alimentos com maior potencial energético, embora haja discordância sobre a qualidade da relação nutricional (DIAMOND, 1987). Também passa a mitigar os efeitos das pragas e da concorrência pelo alimento, uma vez que a cultura em ambiente controlado permite essa ação humana. O uso da força animal para arar a terra e moer grãos tira mais uma parcela significativa da energia metabólica interna e transfere para o metabolismo externo, um uso social da energia. Porém a fonte primária ainda se constitui no fluxo energético solar, apropriado pelos vegetais através da fotossíntese e pelo homem através da ingestão desses vegetais, de animais herbívoros, da queima de biomassa ou da expropriação da força animal, vale ressaltar que a expropriação da força humana também acontecia através da escravidão. O Homem da Agricultura Primitiva tinha um consumo médio de doze mil quilocalorias diárias, o dobro do homem caçador e seis vezes mais que o homem primitivo.

A partir da agricultura primitiva a relação do homem com a natureza, no sentido da exploração dos seus recursos e do homem para com outros homens se intensifica, o desenvolvimento da metalurgia não só proporciona uma tecnologia material que potencializa essa relação como demanda esse aumento de potencial em um processo dinâmico de reforço. O desenvolvimento da metalurgia

por exemplo, pede um incremento técnico na exploração do fogo para alcançar novas ligas metálicas mais desenvolvidas, mas também os novos materiais permitem a construção de novas fornalhas cada vez mais potentes. O desenvolvimento da cerâmica, também a partir do domínio do fogo, possibilita um melhor aproveitamento energético.

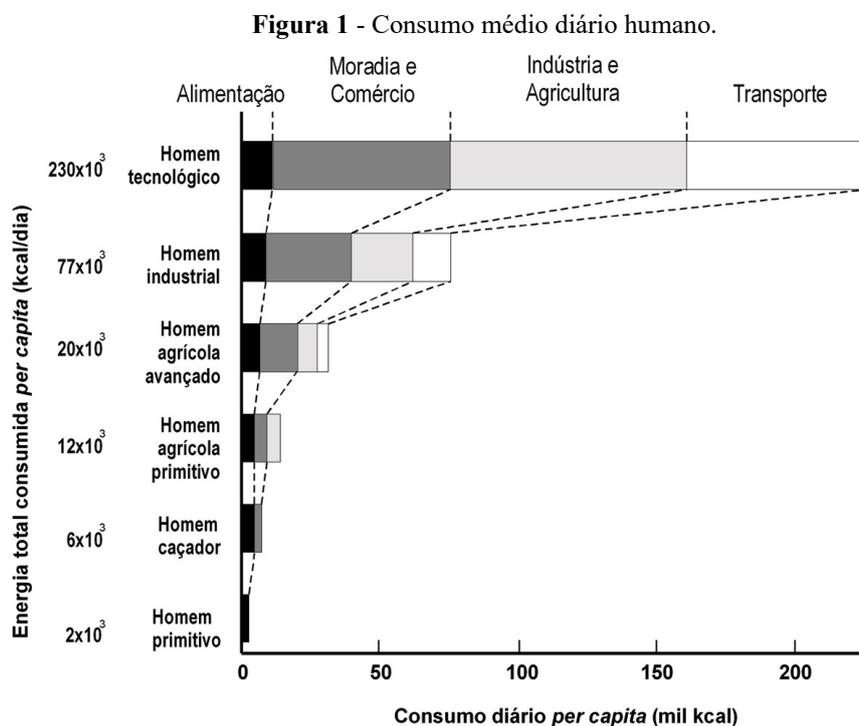
A combustão é um processo químico onde um combustível reage com um comburente, o combustível utilizado na agricultura primitiva era a lenha e o comburente o oxigênio disponível no ar. Para melhorar o poder calorífero da combustão uma das técnicas é melhorar a injeção de ar na reação, ou seja, aumenta a disponibilidade de oxigênio. A princípio uma alternativa foi posicionar os locais de queima onde o recurso fosse mais abundante e disponível, como nas encostas, outra possibilidade foi o desenvolvimento de foles. Porém a necessidade cada vez maior de um processo de combustão mais potente levou o homem a utilização de um novo material para queima o carvão vegetal.

O carvão para aquecimento, o uso da energia hídrica e eólica e o a gênese do transporte de cargas, através de tração animal ou ainda de embarcações possibilitou a Agricultura Avançada elevando os padrões de consumo humano para vinte mil quilocalorias diárias.

A agricultura avançada, que se seguiu da agricultura primitiva, marca a revolução agrícola e que somadas deram ao homem um ganho de quase seis vezes no seu consumo energético se comparado ao período primitivo, por meio das tecnologias da força animal, do carvão somado a lenha, do uso de recursos renováveis, tais como a energia hídrica e eólica, possibilitando uma estrutura social e material para a próxima revolução. A revolução industrial que ocorreu na Inglaterra por volta de 1875 marca o surgimento do Homem Industrial. A tecnologia mais significativa nesse processo é o advento do motor a vapor. Porém a simples invenção de uma máquina a vapor, sozinha, não explica o advento da revolução industrial.

Finalmente o aprimoramento das relações produtivas do ponto de vista tecnológico e um padrão de consumo estabelecido a partir da revolução industrial culminou no chamado homem tecnológico, tendo como marco os anos de 1970 e o Estados Unidos como ponto geográfico. A década de 70 é marcada pelos choques do petróleo (GONZÁLEZ, 2018).

A evolução do consumo energético médio diário do homem é apresentada na Figura 1.



Fonte: Goldemberg (2008).

3. DISCUSSÃO

O texto deve privilegiar a utilização de citações indiretas, inserindo citações diretas apenas em casos onde não há possibilidade de transcrever o texto, como por exemplo, em caso de citações de artigos e leis. Consulte diretrizes para autores nº 01R. O homem primitivo ao evoluir até o homem tecnológico contemporâneo viu sua relação social e material passar por várias transições. Durante o Acordo de Paris foi firmada a meta de manter o aquecimento global abaixo de 2º Celsius e ficou ainda estabelecido a intenção de um esforço para que o setor de energia zere as novas emissões de CO₂, com o objetivo de limitar o Aquecimento Global a 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais. Dessa forma, a humanidade deverá transformar sua matriz energética em níveis extraordinários, o que significará em uma revolução na maneira de se apropriar dos recursos naturais para a geração de energia, esse processo é denominado Transição Energética (ROGELJ *et al.*, 2016; GONZÁLEZ, 2018).

Um dilema consiste em uma escolha filosófica, entre duas saídas contraditórias ou igualmente insatisfatórias. O dilema da energia, que não deixa de ser uma questão da ética ambiental, ou do campo da sustentabilidade, consiste em atender a demanda energética da humanidade, que como já explorado nesse trabalho, cresce de maneira exponencial, e ao mesmo tempo limitar de forma abrupta

o consumo dos recursos naturais e a emissão de CO₂, ou seja, a queima dos combustíveis fósseis que proporcionaram as condições materiais para a sociedade contemporânea.

Jacobsson e Lauber (2004) discutem as políticas para a difusão das energias renováveis e o papel da energia solar e eólica para a transição energética na Alemanha. Os autores trazem uma visão de que a transição energética deve ser “rápida”, limitada ao século XXI e para isso as políticas públicas para as energias renováveis devem ser aceleradas, sendo que as fontes eólicas e solares se desenvolveram de forma rápida no país, embora o setor de energia trás embricado uma disputa político econômica de setores, tais como o nuclear e o do carvão. Os autores apontam que na Alemanha a matriz energética teve forte participação do carvão doméstico e energia nuclear, embora questões ambientais tenham pressionado o governo no sentido das renováveis, mesmo assim o país possui uma dependência menor em relação ao petróleo se comparado aos demais países europeus. Os autores apontam ainda que a fonte eólica e solar, em destaque na Alemanha possuem um custo econômico superior a outras fontes e necessitam de forte apoio governamental para se viabilizarem e apontem que a manutenção de uma matriz predominantemente renovável pode se tornar insustentável.

É possível observar um viés otimista dos autores em relação as renováveis, mesmo assim reconhecem o papel da estrutura econômica para que a transição seja viável e entendem que a transição energética alemã, do carvão para a nuclear foi importante para minimizar a dependência do petróleo, quando comparado aos demais países europeus.

Gonzáles, Suárez e Sauer (2020) abordaram a transição energética através de uma perspectiva histórica. Segundo os autores as transições energéticas que a humanidade já atravessou foram lentas e se alicerçaram na busca pelo aumento da produtividade social do trabalho e da acumulação de capital, sendo que nenhuma delas foi alicerçada em uma preocupação ambiental. Os autores apontam que a atual transição energética segue ao mesmo padrão uma vez que passados quase meio século da divulgação do documento “Os limites do crescimento”, três décadas do “Relatório de Bruntland” e dos setes países mais ricos do mundo divulgarem em 2015 a meta de abolir os combustíveis fósseis até o final do século, pouco de fato foi feito. Os autores ressaltam ainda que em 2019, pela primeira vez as energias tidas como alternativas, que são basicamente as energias renováveis exceto as usinas hidrelétricas de grande porte, superaram a participação nuclear na matriz energética mundial e chegaram a 5%. Gonzáles, Suárez e Sauer (2020) destacam também papel central dos combustíveis fósseis na produção de fertilizantes, na chamada fase industrial da agricultura e que poucos trabalhos têm explorado as reais possibilidades da descarbonização do setor agrícola.

Sauer (2016) explora os limites e possibilidades do uso do petróleo para alicerçar uma transição energética no Brasil, face as mudanças climáticas. O autor explora a expectativa criada sobre a descoberta do “pré-sal” no Brasil e os limites e possibilidades da apropriação do excedente econômico produtivo para corrigir assimetrias sociais brasileiras, tais como educação, alimentação, saúde, e desenvolvimento tecnológico, sobretudo atrelado as questões energéticas e as energias renováveis. A transição energética, já definida em Gonzáles, Suárez e Sauer (2020) é uma das prioridades do G7, grupo dos sete países mais desenvolvidos do mundo, que já anunciaram a intenção de eliminar a emissão de CO₂, através de combustíveis fósseis, até o final do século XXI. Sauer (2016) explora a história da hegemonia do petróleo, assim como Gonzáles, Suárez e Sauer (2020) afirmam que sua hegemonia é resultado de um processo material e histórico. De início através do carvão mineral inglês e posteriormente o uso do óleo e toda a sua possibilidade de aplicações na mobilidade. Também em Sauer e Rodrigues (2016) é explorada a questão de que a descoberta do “pré-sal” coloca o Brasil entre os grandes produtores mundiais de petróleo e cria expectativas sobre o excedente econômico que se originaria dessa exploração. Porém o artigo explora as questões mais regulatórias e de política pública, os autores concluem que ‘distorções’ dessas naturezas comprometem a apropriação desse excedente para a mitigação dos desequilíbrios sociais brasileiros. Sauer e Rodrigues

(2016) trazem uma análise interessante do ponto de vista da relação “preço” e custo de produção do petróleo, pois existe um “gap” significativo entre eles, o que possibilita a acumulação do capital por empresas privadas ou a atuação na mitigação de problemas socioeconômicos por parte do estado e isso é uma fonte de disputas geopolíticas. Os autores exploram também o conceito de EROI, que é o retorno energético, pois o petróleo precisa de pouca energia para ser extraído, quando comprado com a energia que se consegue extrair.

Outro trabalho analisado nesta pesquisa foi a análise sobre os limites e possibilidades da produção de hidrogênio com carbono neutro, também chamado de hidrogênio verde. Muradov e Veziroglu (2008) exploram a questão da transição energética e a sua necessidade reforçada pelo temor da estagnação do recurso fóssil e as perspectivas nada positivas de um cenário de eventos climáticos extremos devido às mudanças climáticas provocadas pela acumulação de CO₂ na atmosfera. Os autores afirmam que o hidrogênio pode ser um vetor para transporte/transferência de energia de baixa emissão de carbono, porém acreditam que a curto prazo, as energias renováveis somente, ou a nuclear somente não são suficientes para atender a demandar energética mundial, dentro das metas ambientais

mundiais propostas. A saída apontada pelos autores, é uma transição progressiva, com o desenvolvimento de geração baseada em baixo carbono e uma utilização das redes de abastecimento já existentes viabilizando uma ‘transição suave’. Dessa forma Muradov e Veziroglu (2008) vão ao encontro com o apontando por Sauer (2016), Sauer e Rodrigues (2016) e Gonzales (2018).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É razoável acreditar que uma transição energética só acontece mediante a um longo processo histórico e material, onde a fonte que é superada serve de base material para a fonte que a transcende. Além disso os processos são geralmente lentos e motivados por uma necessidade produtiva, ou seja, o apelo ambiental tende a perder força no campo do capitalismo. Nesse contexto as fontes energéticas, tidas como alternativas às fontes baseadas em combustíveis fósseis, incentivadas a partir das crises do petróleo da década de 70, ora são incentivadas ora tem sua competitividade minada, dependendo dos ciclos de oferta e demanda estabelecidos pelos preços do petróleo, ou do ponto de vista do apelo ambiental, conforme as mudanças climáticas são mais ou menos enfatizadas pela mídia e governos mundiais.

Porém uma transição energética, global, precisa traçar uma trajetória sustentável, independente de modismos e dos ciclos econômicos, de preços do petróleo ou de crises ambientais e de abastecimento. Além disso conforme observado na história humana, as transições tecnológicas e apropriações dos recursos naturais se estabelecem de forma sistêmica e continua, sempre dependentes da base histórica e material que a antecedem e sempre se relacionando de forma causal com o passado e o futuro.

REFERÊNCIAS

DIAMOND, J. The Worst Mistake in the History of the Human Race. **Discover** (May), pp. 64-66, 1987. Disponível em: <https://web.cs.ucdavis.edu/~rogaway/classes/188/materials/Diamond-TheWorstMistakeInTheHistoryOfTheHumanRace.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2021.

GOLDEMBERG, J. **Desenvolvimento e Energia**. Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada, 2008. Disponível em: <http://www.cepa.if.usp.br/efisica/divulgacao/oqueefisica/goldembergt.php>. Acesso em 16 jun. 2021.

GONZÁLES, C. G. M. **Transição energética global e desenvolvimento sustentável: limites e possibilidades no capitalismo contemporâneo**. Orientador: Dr. Ildo Luís Sauer. 2018. 200f. Tese (Doutorado em Energia) - Pós-graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente,

Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tde-03102018-100309/publico/tvc.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2021.

GONZÁLES, C. G. M.; SUÁREZ, C. D.; SAUER, I. L. Considerações históricas para (re) pensar a transição energética global. In: Costa, H. K. M. (Coord.). **Transição Energética, Justiça Geracional e Mudanças Climáticas: o papel dos fósseis e a economia de baixo carbono**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2020, p. 35-73.

JACOBSSON, S.; LAUBER, V. The politics and policy of energy system transformation - Explaining the German diffusion of renewable energy technology. **Energy Policy**, v. 34, n. 3, pp. 256-276, 2006. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.08.029>. Acesso em: 20 jun. 2021.

JUDSON, O. P. The energy expansions of Evolution. **Nature Ecology and Evolution**, v. 1, n. 6, p. 1-9, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0138>. Acesso em: 21 jun. 2021.

LEITE, A. D. **A Energia do Brasil**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

LEITE, A. D. **Energy in Brazil: Towards a Renewable Energy Dominated System**. London: Earthscan, 2009.

MARQUES, M. C. S.; HADDAD, J.; MARTINS, A. R. S. (Orgs). **Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações**, 3^a. ed. ELETROBRAS/PROCEL/UNIFEI: Itajubá, 2006. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/uploads/arquivos/Livro_Conservacao_de_Energiaed3.pdf. Acesso em: 22 jun. 2021.

MURADOV, N. Z.; VEZIROĞLU, T. N. "Green" path from fossil-based to hydrogen economy: An overview of carbon-neutral technologies. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 33, n. 23, pp. 6804-6839, 2008. Doi: [10.1016/j.ijhydene.2008.08.054](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2008.08.054). Acesso em: 30 jun. 2021.

PIDWIRNY, M. Origin and Definition of Life. **Fundamentals of Physical Geography**, 2nd Edition. Date Viewed. **Inserir ano de publicação**. Disponível em: <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/9a.html>. Acesso em: 24 jun. 2021.

ROGELJ, J. *et al.* Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C. **Nature**, n. 534, p. 631–639, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1038/nature18307>. Acesso em: 30 jun. 2021.