

Análise Comparativa da Alteração da Matriz Elétrica em uma Residência Visando a Identificação da Melhor Fonte para Redução dos Impactos Ambientais

Daniela Bainy da Silva¹, Robmilson Simões Gundim², Monica Fabiana Bento Moreira Thiersch³

1 - dbainy@gmail.com, CPF: 901.415.120-91;

2 - robmilsonsg@gmail.com, CPF: 114.108.818-57;

3 - monicathiersch@ufscar.br, CPF: 812.487.411-53

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, campus Sorocaba - UFSCar Sorocaba

Resumo: O propósito deste estudo foi avaliar o emprego da avaliação do ciclo de vida de um sistema fotovoltaico conectado a rede de uma residência ("grid tie") com potência instalada de 2,64 kWp no município de São Paulo, SP e comparar os impactos ambientais resultantes de cada fonte, em relação às taxas de emissão de CO₂ relacionadas com as gerações de energia provenientes dos painéis fotovoltaicos, hidrelétrica e termoelétrica à carvão. Para avaliação dos três cenários foi utilizado o "software GaBi Educational" com o método de avaliação CML 2001. Como resultado, obteve-se que a energia hidrelétrica é mais sustentável, pois os painéis fotovoltaicos utilizam elementos cada vez mais ausentes no meio ambiente e depende de transporte das placas e a térmica à carvão gera resíduos durante a extração do mineral e na queima para produção de energia.

Palavras chave: Avaliação do Ciclo de Vida, Sistemas de Geração de Energia Fotovoltaica, Taxa de Aquecimento Global, *Software GaBi*.

10 - ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE

10.3 - GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS E ENERGÉTICOS

Comparative Analysis of the Changing of the Electrical Matrix in a Guest House Looking for the Identification of the Best Source for Reducing Environmental Impacts

Abstract: The purpose of this study was to evaluate the use of the life cycle assessment of a network connected photovoltaic system of a residence ("grid tie") with installed power of 2.64 kWp in the city of São Paulo, SP and comparing the environmental impacts resulting from each source, in relation to CO₂ emission rates related to energy generations from photovoltaic, hydroelectric and thermo-electric coal panels. For the evaluation of the three scenarios the "GaBi Educational Software" was used with the CML 2001 evaluation method. As a result, it was obtained that hydroelectric power is more sustainable, since the photovoltaic panels use elements everything more absent in the environment and it depends of transportation of boards and thermal to coal generates waste during the extraction of mineral and in burning for energy production.

Key-words: Life Cycle Assessment, Photovoltaic Energy Generation Systems, Global Warming Rate, *GaBi Educational Software*.

1. Introdução

Com a sucessiva estiagem e aumento das tarifas de energia elétrica, busca-se cada vez mais uma forma alternativa de manter o padrão de vida com economia de recursos.

O uso da energia solar fotovoltaica, por muitos anos, foi relacionado com a ideia de energia limpa e ecologicamente correta (KEMERICH *et al*, 2016; PUPIN, 2018). Porém, ao questionar essa afirmação, buscou-se verificar se essas afirmações eram válidas para a etapa de uso do módulo fotovoltaico, utilizado para a geração de energia elétrica. Estes módulos fotovoltaicos foram denominados painéis no decorrer deste trabalho.

A utilização de energia solar no Brasil é justificada pelo posicionamento geográfico do país, possuindo alto índice de radiação solar (LARA, 2018; SILVA, 2015). Porém, os sistemas que utilizam energia solar para geração de energia fotovoltaica existentes no mercado são de custo relativamente alto, influenciam nos aspectos e geram diversos impactos ambientais, se forem considerados os processos desde a fabricação até o descarte (do berço ao túmulo).

Em contrapartida, a geração de energia elétrica no Brasil tem como fonte convencional e de maior representação na matriz energética, as usinas hidrelétricas (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2017), que também produzem impactos ambientais relacionados, considerando a construção da usina, o desvio do rio e a mudança de características ecológicas e sociais das regiões alagadas.

Além disso, mesmo sendo em menor proporção na matriz energética, a geração de energia elétrica no Brasil também utiliza como importante fonte em períodos de escassez de água ou como forma estratégica de complementar as demandas energéticas do país, a geração de energia elétrica proveniente de usinas termoelétricas, as quais sejam elas mantidas a gás, óleo ou carvão, reconhecidamente também geram impactos ambientais (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA - ONS, 2019).

A crescente compreensão em relação à importância da proteção ambiental e custos associados a tais ações, os aspectos e possíveis impactos ambientais relacionados à fabricação, uso e descarte, tanto de produtos quanto serviços, desde sua fabricação até o consumo, têm aumentado o interesse no desenvolvimento de métodos para melhor identificar, mensurar e administrar tais impactos (BEZERRA; LIRA; SILVA, 2018).

Para realizar esse estudo foi necessário o uso de uma ferramenta que investigasse os processos envolvidos durante a vida útil do módulo fotovoltaico e das matrizes de geração de energia elétrica por meio de usinas hidrelétricas e usinas termoelétricas. Assim foi desenvolvida uma análise comparativa de três cenários de geração de energia elétrica alimentando uma residência, sendo: a) cenário de geração de energia elétrica por meio de usina hidrelétrica; b) cenário de geração de energia elétrica por meio de usina térmica à carvão e; c) cenário de geração de energia elétrica por meio de placas fotovoltaicas.

Nesse contexto, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), surge com uma das técnicas mais usuais e ainda em desenvolvimento, utilizada para quantificar e qualificar os efeitos ambientais e financeiros sobre produtos e serviços, pois além de identificar, ainda pode fornecer subsídios para melhoria ambiental de produtos, auxiliando na tomada de decisão estratégica, por meio do fornecimento de técnicas de medição e de indicadores de desempenho ambiental. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

Frischknecht *et al*, (2015), descrevem que a ACV é um método sistematizado e que abarca informações de fluxos de matéria e energia. Com essa técnica, é possível relacionar

quais estágios do ciclo de vida de um produto são mais nocivos em termos ambientais e energéticos.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi a realização da ACV de sistemas de fornecimento de energia elétrica, em nível residencial, por meio da comparação entre as matrizes fornecedoras de energia, com viés nos impactos ambientais, principalmente na geração de gases de efeito estufa (GEE) que possam contribuir para o aquecimento global em cada um dos processos, além da análise de Potencial de Toxicidade Humana, Potencial de Ecotoxicidade Terrestre e Potencial de Criação de Fotoquímicos na Camada de Ozônio. Esses dados foram obtidos através do uso do método CML 2001, pois foi o método que resultou através de uma revisão sistemática feita na base de dados *Science Direct*.

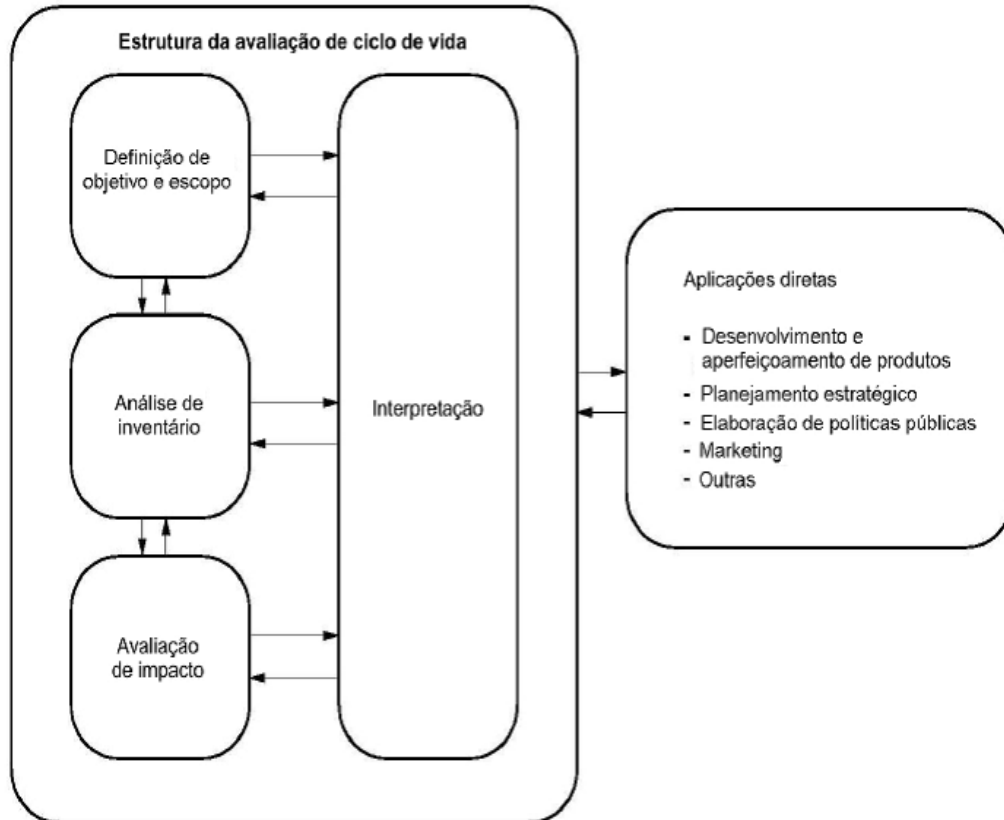
Foram pesquisados artigos publicados entre os anos de 2015 a 2019, com os seguintes termos: “*life cycle*”, que resultaram 568.466 artigos e 505.190 revisados por pares. Quando foi acrescentado o termo “*assessment*”, resultaram 194.858 artigos, sendo 187.477 revisados por pares. Além desses, foram adicionados os termos “*electricity*” e “*photovoltaic*” e resultaram 3.745 artigos, e 3.640 revisados por pares.

Ao acrescentar o termo “*Brazil*”, resultaram 509 artigos e 488 revisados por pares. Por último, foi acrescentado o termo “*GaBi software*” e restaram somente 07 artigos. Desses restantes, ao realizar a leitura dos “*abstracts*” e “*methods*”, o método de análise CML 2001 foi usado em cerca de 80% dos artigos.

De posse dessas informações, foi possível fornecer ao público interessado em instalar sistemas fotovoltaicos, uma série de informações para que tenham uma melhor tomada de decisão sobre a real condição de sustentabilidade, aspectos e impactos gerados pelo uso dos painéis fotovoltaicos, frente às outras formas de geração de energia elétrica estudadas, ou seja, hidrelétrica e termoe elétrica.

3. Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido seguindo as orientações das normas técnicas referentes à ACV da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009. A ACV foi realizada por meio da utilização do *software* GaBi®, versão Educacional, o qual gera relatórios através de modelagem de avaliação dos impactos causados pelos respectivos sistemas de geração de energia elétrica em questão, a partir do inventário dos materiais constituintes dos sistemas de *background* que existem no banco de dados do *software*, possibilitando uma análise comparativa entre eles. A ACV é composta em quatro fases de execução, sendo elas: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação, como mostra a Figura 1.

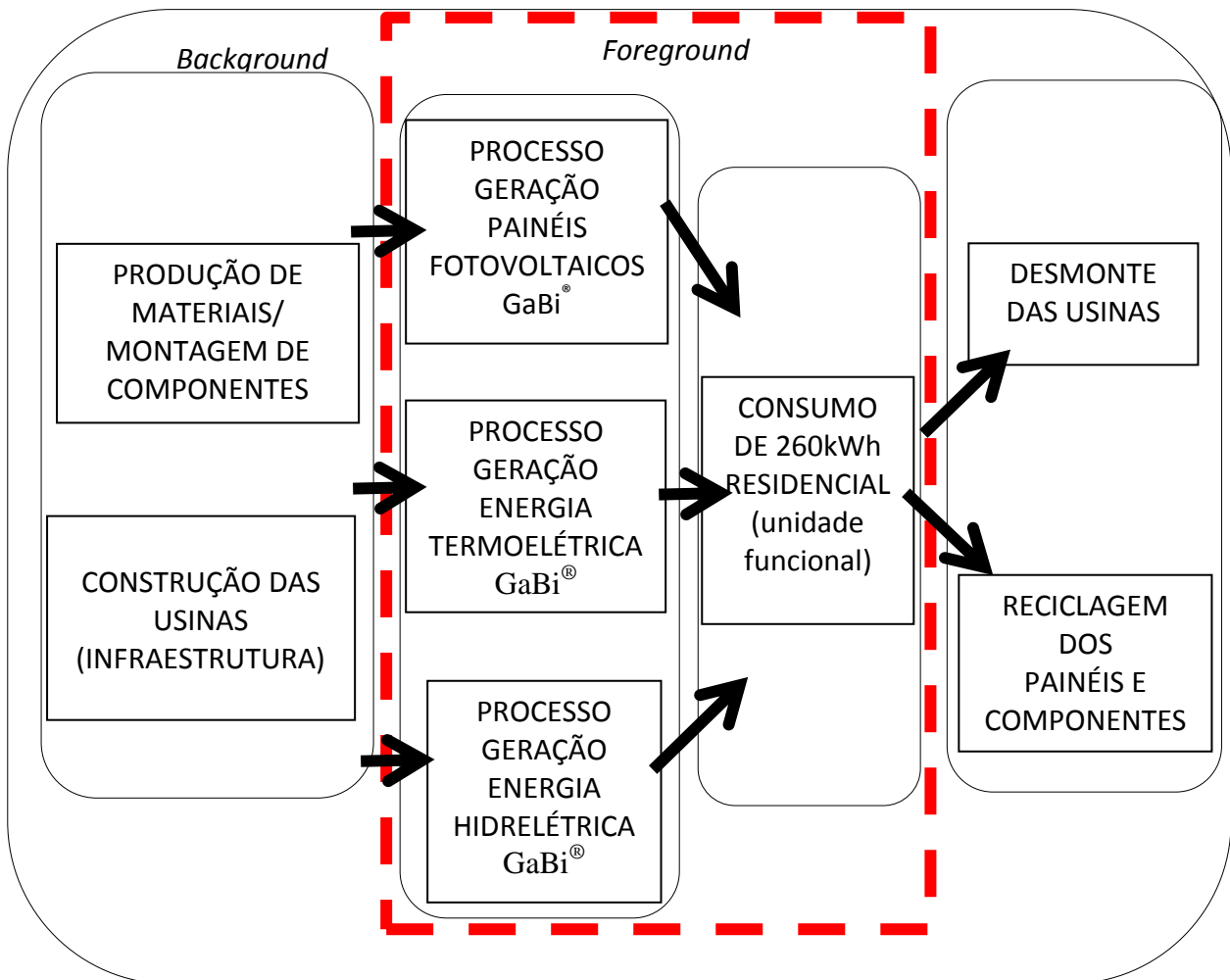


Fonte: NBR ISO 14040:2009

Figura 1 - Fases de uma ACV

O escopo de uma ACV é a parte que deve incluir dados sobre os sistemas que foram estudados, definir e descrever as unidades funcionais e o grau de delineamento do objeto e do recorte pretendido. Por se tratar do uso e consumo de energia elétrica, o fim da vida já é o próprio uso. A unidade funcional para esse trabalho foi o consumo médio de energia elétrica em kWh por mês de uma residência, na qual foi considerado o período de setembro de 2017 a agosto de 2018, pois a partir de então a residência iniciou um processo de transformação em *showroom* e por isso teve alterações em sua dinâmica de funcionamento e conseqüentemente em seu consumo médio. Assim, na ocasião o consumo médio utilizado para o dimensionamento e instalação do sistema fotovoltaico foi de 260 kWh/mês.

A Figura 2 ilustra as etapas básicas que foram utilizadas para esse trabalho, relacionado a uma ACV comparativa. O fluxograma a seguir representa os processos analisados.



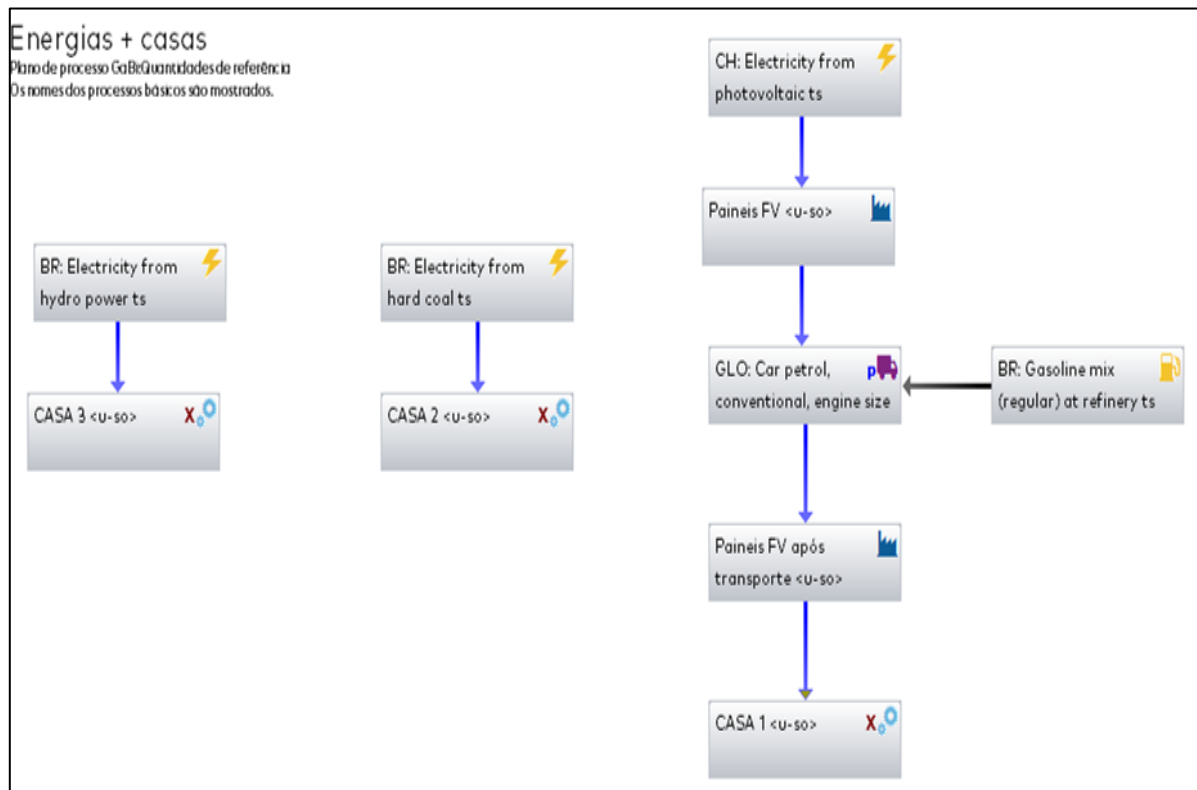
Fonte: autoria própria, 2019

Figura 2 - Fronteiras da ACV proposta

O inventário foi obtido e adequado baseado nos dados do *software*, pela inviabilidade de coleta do mesmo, porém, na literatura os inventários mais completos e atuais acerca do assunto de painéis fotovoltaicos são abordados nos estudos de Frischknecht *et al*, (2015), Jungbluth *et al*, (2012) e Oliveira (2017). Como a energia é um aspecto local ou regional, para este trabalho, foi utilizada a energia hidrelétrica e térmica, referentes aos Brasil (BR), porém, como limitação do *software* GaBi, não existia a geração de energia fotovoltaica no Brasil nem no Canadá (um dos fabricantes), então foi utilizada a energia da China (CH), outro grande fabricante de painéis fotovoltaicos (DONKE, 2017). As adaptações feitas no inventário dizem respeito às quantidades dos fluxos que foram ajustadas às dimensões do painel estudado e do consumo da residência.

Para o cenário dos painéis, também foi considerado o transporte do porto de Paranaguá (PR) até São Paulo (SP), local onde está a residência e onde os painéis foram instalados e que foram estimados em 480 km, em um veículo de carga leve. Para as outras fontes, não foi considerada a instalação (ROSCOCHE, VALLERIUS, 2014; BREGAGNOLI, ROTHMAN, 2014; AZEVEDO *et al*, 2018) nem o desmonte das usinas, pois no Brasil ainda não

há esse procedimento (MORAN *et al*, 2018). Os cenários estudados foram: a) geração de energia elétrica por meio de usina hidrelétrica; b) geração de energia elétrica por meio de usina térmica e; c) geração de energia elétrica por meio de placas fotovoltaicas (Figura 3).



Fonte: autoria própria, utilizando Software GaBi®, 2019

Figura 3 - Modelagem GaBi®

O indicador utilizado para medir o consumo de energia foi o *net calorific value* dado em kWh, que analisa a quantidade de energia disponibilizada com a quantidade de energia consumida no sistema, independente que o consumo seja direto ou indireto.

Considerando a característica do estudo comparativo proposto e sendo o consumo de energia a referência na entrada e na saída, foi considerado como fluxo de referência a própria unidade funcional de forma a permitir a comparação dos impactos ambientais de cada cenário, tomando como base o consumo médio de energia elétrica.

Assim, a proposta foi avaliar comparativamente os impactos das seguintes categorias em relação aos três cenários propostos: Potencial de Aquecimento Global (GWP) [PAG (100 anos)], Potencial de Toxicidade Humana (HTP), Potencial de Ecotoxicidade Terrestre (TETP) e Potencial de Criação de Fotoquímicos na Camada de Ozônio (POCP).

Esse estudo leva em conta uma abordagem genérica e similar do “portão ao túmulo” das fontes de geração de energia elétrica apontadas. No entanto foi considerada a base de dados disponíveis no *software* GaBi®. Assim, foi considerado que os dados disponibilizados no *software* GaBi® compreendiam desde a geração, transformação e distribuição de energia (*inputs*) e o consumo dessa energia em nível residencial (*output*).

As categorias de impacto utilizadas consideradas como entradas no processo são relacionadas à geração de energia e água e podem ir até a disposição final da geração da energia elétrica. Possuem saídas que podem ser emissões para o ar ou para a água, resíduos sólidos ou tóxicos.

O painel fotovoltaico utilizado na instalação e no estudo do sistema é da *Canadian Solar*, modelo MAXPOWER CS6U- 330p.

Segundo informações do fabricante, esse painel possui vida útil de 25 anos, com garantia de 12 anos contra defeitos de fabricação. O inversor possui garantia de cinco anos e demais componentes, de até 30 anos de vida útil.

Para o atual trabalho, foi considerada uma residência localizada em São Paulo - SP, com consumo médio de energia elétrica de 260 kWh/mês e para atender a essa demanda, foram necessárias 08 células de 330 Wp (Watts pico), com peso unitário de 22,4 kg.

O painel possui as seguintes especificações na sua folha de dados:

- Potência: 330 Watts pico; eficiência: 16,97%, célula do tipo policristalina, medindo 1960 x 992 x 40 mm cada.

4. Análise dos resultados

A interpretação de resultados comparativos da ACV requer compreensão entre as alternativas, em qual aspecto cada uma é mais bem representada, para identificar as implicações ambientais de uma decisão específica. Nesse caso, a análise deve levar em consideração os aspectos escolhidos e então apresentar uma análise (PRADO-LOPEZ *et al*, 2016).

A Tabela 1 a seguir, apresenta os impactos ambientais de ciclo de vida por 260 kWh de eletricidade gerada pelos vários sistemas de geração analisados e apresentam a contribuição das principais substâncias para os impactos ambientais de cada sistema nas categorias: Potencial de Aquecimento Global (GWP) [PAG (100 anos)], Potencial de Toxicidade Humana (HTP), Potencial de Ecotoxicidade Terrestre (TETP) e Potencial de Criação de Fotoquímicos na Camada de Ozônio (POCP).

Fontes	Fotovoltaica	Hidrelétrica	Carvão
Impactos			
Pot. Aquecimento Global (100 anos) - Kg CO ₂ eq.	17,2	43,04	261,68
Toxicidade Humana Kg DCB eq.	12,59	0,017	66,77
Pot. Photoquímico Camada de Ozônio kg etileno eq.	0,006	0,0	0,182
Pot. EcoToxicidade terrestre Kg DCB eq.	0,098	0,001	1,342
TOTAL	29,894	43,058	329,974

Fonte: autoria própria, utilizando dados do Software GaBi[®], 2019

Tabela 1 - Impactos das Fontes de Geração de Energia

Com análise da Tabela 1, é possível perceber que os painéis fotovoltaicos são mais sustentáveis dos que as outras fontes de energia elétrica. Porém, os painéis necessitam de transporte e os impactos gerados por eles são maiores durante a produção dos materiais e componentes dos painéis fotovoltaicos, os quais não foram considerados neste trabalho, mas Frischknecht *et al* (2015); Jungbluth *et al* (2012); Oliveira (2017) apresentam esses dados. A construção e desmanche das usinas, também não foram considerados, conforme os autores Roscoche; Vallerius (2014); Bregagnoli; Rothman (2014); Azevedo *et al* (2018); Moran *et al* (2018) sugerem.

Ao ser considerado o fator transporte, os dados ficam como apresentados na Tabela 2, a seguir. Segundo Marques *et al*, (2018), “os sistemas fósseis apresentam impactos ambientais mais elevados do que os sistemas renováveis em 7 das 11 categorias de impacto ambiental...”.

Fontes	Fotovoltaica + transporte	Hidrelétrica	Carvão
Pot. Aquecimento Global (100 anos) - Kg CO ₂ eq.	17,2 + 218,23	43,04	261,68
Toxicidade Humana Kg DCB eq.	12,59 + 194,60	0,017	66,77
Pot. Photoquímico Camada de Ozônio kg etileno eq.	0,006 - 75,91	0,0	0,182
Pot. EcoToxicidade terrestre Kg DCB eq.	0,098 + 121,85	0,001	1,342
TOTAL	488,664	43,058	329,974

Fonte: autoria própria, utilizando dados do Software GaBi[®], 2019

Tabela 2 - Impactos das Fontes de Geração de Energia considerando Transporte

Conforme apresentado na Tabela 2, quando é acrescentado o item transporte à geração de energia por painéis fotovoltaicos, os impactos ficam aproximadamente 48% maiores do que os impactos gerados pela usina à carvão, para geração de energia. Isso que o modal navio não foi considerado, para transporte dos painéis da China até o Brasil e das outras fontes também não foram considerados os impactos de construção das usinas, somente o processo de geração de energia.

5. Conclusões

A realização de uma ACV comparativa para a unidade básica de 260kWh entre um sistema fotovoltaico, sistema hidroelétrico e termoelétrico, contribuiu para um melhor entendimento e conhecimento dos aspectos e impactos gerados para as fontes de geração que foram usadas neste trabalho, gerando dados para reforçar a ideia de que a energia solar é verde ou ecologicamente correta, mas que há o inconveniente relacionado ao transporte, que causa um impacto muito grande sob os aspectos analisados.

Dessa forma, mesmo para uma residência, como foi o caso analisado, quanto para uma empresa ou fábrica de bebidas, a ACV comparativa serviu como base para uma tomada de decisão sobre o uso de painéis fotovoltaicos ou outra fonte de energia, mostrando que essa fonte pode não ser tão sustentavelmente correta como é apresentado.

Também foi realizada uma análise de sensibilidade, onde outros métodos foram investigados, como o ReCiPe 1.08, ILCD v.1.9 e o LCIA CML 2013 e 2015 e todos indicaram resultados semelhantes aos impactos apresentados nas Tabelas 1 e 2, com ênfase ao grande impacto causado pelo modal transporte relacionado ao uso dos painéis fotovoltaicos.

Quando o modal transporte for melhorado, será possível afirmar que a energia resultante dos painéis fotovoltaicos é mais ecologicamente correta do que as advindas de outras fontes.

6. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14040**: Gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14044**: Gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2009.

AZEVEDO, Celia Lopes *et al.* Terras e tradições revolvidas: impactos da construção da UHE de Irapé, nas tradições religiosas, culturais e relações de parentesco dos povos compulsoriamente deslocados para Araras. **Revista Cerrados**, dez., 2018, Vol.16 (2), pp. 240-259. Disponível em: <<https://doaj.org/article/fafdaee1157042d7a25e720b5be97d2e?gathStatIcon=true>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

BEZERRA, Jordy Lustosa; LIRA, Marcos Antonio Tavares; SILVA, Elaine Aparecida da. Avaliação Do Ciclo De Vida Aplicada A Painéis Fotovoltaicos. **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar** - Anais - Gramado, 17 a 20 de abril de 2018. Disponível em: <<https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/545>>. Acesso em: 14 maio 2019.

BREGAGNOLI, Narayana de Deus Nogueira; ROTHMAN, Franklin Daniel. Impactos socioculturais e ambientais: os efeitos da Usina Hidrelétrica Cachoeira do Emboque em sua comunidade atingida. **Revista Agrogeoambiental**, Jan. 2014, Vol.6(1). Disponível em: <<https://doaj.org/article/2f37d51ab92748e8a1342e7b0f167c2c?gathStatIcon=true>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

CANADIAN Solar Inc. **PV Module Product Datasheet V5.53_EN**. Nov. 2016. Disponível em: <www.canadiansolar.com>. Acesso em: 14 maio 2019.

DONKE, A., *et al.* Environmental and Energy Performance of Ethanol Production from the Integration of Sugarcane, Corn, and Grain Sorghum in a Multipurpose Plant. **Resources**: v. 6, issue (1):1, march, 2017. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2079-9276/6/1/1>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

FRISCHKNECHT, R. *et al.* Life cycle inventories and life cycle assessment of photovoltaic systems. **International Energy Agency (IEA)**, 2015. PVPS Task 12, Report T12, v.5. Disponível em: <http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/technical/IEA-PVPS_Task_12_LCI_LCA.pdf>. Acesso em: 19 maio 2019.

JUNGBLUTH, N. *et al.* Life cycle inventories of photovoltaics. Uster, Switzerland: **ESU-services Ltd.**, 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/2N38Z58>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha *et al.* Paradigmas da Energia Solar no Brasil e no Mundo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. REGET, V. 20, N. 1, JAN.-APR., 2016. Disponível em: <DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2236117016132>>. Acesso em: 11 jun. 2019.

LARA, Simone dos Santos. A abordagem da avaliação do ciclo de vida aplicados em sistemas fotovoltaicos conectados à rede no município de Cacoal e Pimenta Bueno - RO. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - **Universidade Federal de Rondônia**, Cacoal, 2018. Disponível em: <<http://www.ri.unir.br/jspui/handle/123456789/2368>>. Acesso em: 25 maio 2019.

MARQUES, Pedro *et al.* Avaliação ambiental de ciclo de vida dos principais sistemas de geração de eletricidade em Portugal. **Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida**, Brasília, Edição Especial, n. 2, p. 110-127, 2018. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/lalca/article/view/4467>>DOI: <https://doi.org/10.18225/lalca.v2iEspec.4467>. Acesso em: 10 jun. 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **14 - Energia no Mundo - Matrizes e Indicadores 2017 - anos ref. 2015-16**. Disponível em: <<https://bit.ly/2MUOszN>>. Acesso em: 23 maio 2019.

MORAN, Emilio *et al.* Sustainable hydropower in the 21st century. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. v. 115(47), p. 11891, nov. 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/2KILUbX>> Acesso em: 15 jun. 2019.

OLIVEIRA, Adriana de Souza. Avaliação de Impactos Ambientais do Módulo Fotovoltaico: Produção e Uso como Fonte de Energia Elétrica. Dissertação de Mestrado em Ciências Mecânicas, Publicação ENM-DM 268/2017. Departamento de Engenharia Mecânica, **Universidade de Brasília**, Brasília - DF, 77 p., 2017. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/31252/1/2017_AdrianadeSouzaOliveira.pdf> Acesso em: 11 jun. 2019.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA - **ONS**. Disponível em: <www.ons.org.br>. Acesso em: 12 jun. 2019.

PRADO-LOPEZ, V. *et al.* Tradeoff Evaluation Improves Comparative Life Cycle Assessment: A Photovoltaic Case Study. **Journal of Industrial Ecology**, 20: 710-718, 2016. Disponível em: <doi:10.1111/jiec.12292>. Acesso em: 16 jun. 2019.

PUPIN, Priscila Carvalho. Avaliação dos impactos ambientais da produção de painéis fotovoltaicos através de análise de ciclo de vida. 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – **Universidade Federal de Itajubá**, Itajubá, 2019. Disponível em:

<<https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/1939>>. Acesso em: 26 maio 2019.

ROSCOCHE, Luiz Fernando; VALLERIUS, Daniel Mallmann. Os Impactos da Usina Hidrelétrica de Belo Monte nos Atrativos Turísticos da Região do Xingu (Amazônia – Pará - Brasil). **Revista Eletrônica de Administração e Turismo**. Vol.5(3), pp. 414-415, 2014. Disponível em: <<https://doaj.org/article/6113b60be02a40138cd5b2d99db967a6?gathStatIcon=true>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

SILVA, Rutelly Marques da. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. 2015. Disponível em: <<http://www12.senado.gov.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>>. Acesso em: 26 maio 2019.