

## O USO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS NA GERAÇÃO DE ENERGIA PARA TRENS NA METRÓPOLE PAULISTA <sup>1</sup>

**Rodrigo Rodrigues SILVA**<sup>2</sup>

Graduando em Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas  
IFSP/Câmpus São Paulo

**Daniel de Andrade MOURA**<sup>3</sup>

Doutor em Energia/UFABC  
Docente de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas  
IFSP/Câmpus São Paulo

### RESUMO

A fim de reduzir a emissão de gases nocivos ao meio ambiente, este estudo procura verificar a viabilização da troca ou inserção da matriz solar utilizando placas fotovoltaicas na geração de energia destinada ao abastecimento de trens na metrópole paulista. Isto foi feito através de interpretação dos dados sobre o consumo energético e sobre a emissão de gases poluentes na geração e sobre o consumo de energia dos trens elétricos usados na capital de São Paulo, dos trens do *Byron Bay Train* (BBT), trens abastecidos por energia fotovoltaica usados na Austrália. Espera-se que a geração de energia por placa fotovoltaica seja inserida entre as matrizes de geração de energia para o transporte ferroviário, que hoje utiliza, em grande parte, fontes não renováveis. Ao final da pesquisa, concluiu-se que, embora não haja viabilidade econômica para implantação de trens movidos a energia fotovoltaica, pode-se usar esta fonte para outras finalidades dentro do setor ferroviário.

**Palavras-chave:** Mobilidade Urbana; Matriz Solar; Placa Fotovoltaica; Efeito Estufa; Meio Ambiente.

### Introdução

O setor ferroviário no Brasil tem relevante participação na logística nacional e na mobilidade urbana dos principais centros econômicos nacionais. A sua existência

---

<sup>1</sup> Trabalho resultante de Iniciação Científica. Orientador Prof. Dr. Daniel de Andrade Moura.

<sup>2</sup> Endereço eletrônico: rodrigoventurini62@gmail.com

<sup>3</sup> Endereço eletrônico: professor.danielmoura@gmail.com

contribui para a diminuição no volume de veículos rodoviários, otimizando o tráfego e proporcionando redução na emissão dos gases causadores do efeito estufa.

Na capital de São Paulo são utilizados trens elétricos, em sua maioria, para o transporte de pessoas. Eles são abastecidos com energia elétrica da rede de abastecimento elétrico. As matrizes energéticas para abastecê-los podem ser desde hidrelétricas até termoeletricas. Não foram encontrados dados que especificassem qual é exatamente a origem do abastecimento da rede.

Atentando-se para o ano de 2001, ano em que o Brasil teve a Crise do Apagão, ocorrida devido às faltas de chuvas nas cabeceiras dos rios dos reservatórios mineiros, e, ainda, nos anos de 2013 a 2015, a região da Metrópole de São Paulo vivenciou uma de suas maiores secas. O fato, denominado “crise hídrica”, foi consequência da combinação de baixos índices pluviométricos. Dois pontos que destacam a dependência das matrizes hidráulicas.

No quadro brasileiro de matrizes energéticas, a hidráulica é maior, porém existem outras cujo crescimento é acentuado, como a solar, que vem sendo usada nos automóveis para garantir autonomia e ser menos poluente que as convencionais. A energia solar pode ser convertida em elétrica, por meio de determinados materiais, o fotovoltaico, por exemplo.

O principal objetivo do presente trabalho é estudar a possibilidade de variar a principal matriz energética do transporte ferroviário de pessoas da cidade de São Paulo. Para este trabalho, estudar a relevância do transporte ferroviários na capital paulista, assim como o seu impacto ambiental, são objetivos secundários.

O trabalho foi realizado através de interpretação dos dados sobre o consumo energético e da emissão de gases poluentes na geração e consumo de energia dos trens elétricos usados na capital de São Paulo, e dos trens da *Byron Bay Train* (BBT), trens abastecidos por energia fotovoltaica usados na Austrália.

A princípio, o estudo procura entender a forma de consumo dos trens usados pela CPTM (Companhia Paulista de Trens Metropolitanos), os Trens de Unidade Elétrica (TUE). Portanto, serão levantados os dados técnicos dos trens, depois estudados para verificar se existe a possibilidade de instalar placas fotovoltaicas nos trens para que eles possam realizar um determinado percurso. Será necessário entender e verificar se as

placas fotovoltaicas conseguirão suprir a demanda energética, ou se será necessário abastecimento dos trens nas estações.

Em segundo plano, procura-se analisar se o trem usado pela *Byron* pode ser usado em São Paulo para realizar o mesmo percurso, com a mesma qualidade e atendendo a mesma demanda dos trens convencionais. Isto é, se comportam o mesmo número de passageiros, e se têm o mesmo desempenho com relação à velocidade.

### **Análise**

O setor ferroviário tem relevante participação na logística nacional, e, ainda, na participação de mobilidade urbana dos principais centros econômicos nacionais. Isto, em alguns casos, corresponde ao transporte de milhões de pessoas, como na capital paulista, que são aproximadamente 7,8 milhões de usuários diários (METRÔ, 2018; BRASIL, 2014).

A importância desse meio de transporte se dá pela diminuição no volume de veículos rodoviários, possibilitando a redução na emissão dos gases poluentes. A relação entre o número de passageiros e emissão por eixo modal é a seguinte: para cada 16,8 bilhões de passageiros anuais, o transporte coletivo emite 2% de CO. Já os transportes individuais emitem 83% de CO. Dessa forma, o transporte rodoviário emite 90% de CO<sub>2</sub> do setor de transporte (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2018; GOMES, F. M., 2017; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2017).

Na cidade de São Paulo, a demanda por trens cresceu e, em 2018, a CPTM registrou cerca de três milhões de usuários por dia, o que seria equivalente a 25% dos cidadãos da cidade. Os TUE compõem a frota de trens que atendem a linha 11(Coral) da CPTM. O TUE 9000 é um modelo fabricado pela Alstom Brasil, entre 2012 e 2013, a fim de atender a demanda do Expresso Leste. Para mover essa locomotiva são utilizados dezesseis motores assíncronos de indução de Corrente Alternada (A.C., do inglês *Alternate Current*), com tração por inversor, com acoplamento Scharfenberg. Sua transmissão é manual/automática, e tem 2860kW de potência. Sua alimentação é de 3000Vcc por pantógrafos em catenária comum. Esse modelo atinge até 90 km/h, acelerando a 0,9m/s<sup>2</sup> e desacelerando a 1,10m/s<sup>2</sup>, em situações normais, e 1,20m/s<sup>2</sup>,

em casos de emergência. (COMPANHIA PAULISTA DE TRENS METROPOLITANOS, 2019; METRÔ, 2018).

Vale lembrar que em 2001 o Brasil teve a Crise do Apagão, ocorrida devido à falta de chuvas nas cabeceiras dos rios dos reservatórios mineiros, que concentra, aproximadamente, 65% dos reservatórios de usinas hidrelétricas. Isto demonstra a existência da necessidade de diversificação das matrizes energéticas, principalmente para os meios de transporte, trazendo mais segurança à oferta de energia, independentemente das adversidades climáticas (GOMES, 2007; PACHECO, 2006).

Em 2014, a cidade de São Paulo vivenciou uma de suas maiores secas, o que caracterizou a denominada “crise hídrica”, consequência da combinação de baixos índices pluviométricos, durante os verões de 2013-2014 e 2014-2015, da alta demanda de água, da ausência de planejamento adequado para o gerenciamento do recurso hídrico e de consciência coletiva dos consumidores brasileiros para o uso racional da água (MARENGO *et al*, 2015).

A escassez de água interfere diretamente no fornecimento de energia elétrica da cidade de São Paulo. Os reservatórios hidrelétricos da região quase secaram no final de 2014 e, em 2015, a situação não havia melhorado. Diante da pior crise da história do Sistema Cantareira, a SABESP lançou, desde 2014, uma campanha para que os moradores baixassem, em pelo menos 20%, o consumo de água com desconto de 30% na tarifa (MARENGO *et al*, 2015).

Uma forma de evitar um novo apagão elétrico é diversificar a matriz energética elétrica brasileira. Para isso, é necessário diminuir a dependência das hidrelétricas, criando outras formas de geração elétrica. Neste contexto, para compor esse novo quadro de matriz energética, a energia solar aparece como uma possibilidade com enorme potencial de geração (BRONZATTI; IAROZINSKI NETO, 2008).

É possível converter a energia solar diretamente em elétrica por meio de determinados materiais, o fotovoltaico, por exemplo. A sua capacidade instalada aumentou: em 2015 o Brasil tinha 21MW de capacidade instalada de energia solar e, em 2016, tinha capacidade de 24MW. Dessa forma, cria um ambiente propício para seu uso (ABADE, 1996; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2017; PACHECO, 2006;).

Um modulo fotovoltaico é constituído por células, e feito de silício cristalino, produz, normalmente, entre 50W e 300W de potência, tensão máxima de 40V e corrente em torno de 8A. No entanto, o seu custo é elevado e não há incentivo dentro do Brasil, o potenciais obstáculos para a viabilização desta forma de energia (VILLALVA, 2012). Na Austrália, na cidade de *Byron Bay*, existe um trem que é totalmente abastecido por energia elétrica. Nele é utilizado um par de motores de tração elétrica associados a um inversor e uma bateria de lítio. Na carcaça do trem existem placas fotovoltaicas curvadas que geram até 6.5 kW de potência. Há, também na estação, placas que geram até 30 kW, que servem para abastecer o trem quando ele chega. Este trem é usado para o turismo local, percorrendo o trecho entra as duas localidades *North Beach* e *Byron Beach* (BAYRON BAY RAILROAD COMPANY, 2019).

## Conclusão

Do ponto de vista econômico não é viável trocar a matriz energética convencional dos trens por uma matriz solar no Brasil. É possível, entretanto, estudar a inserção desta matriz energética para compor o quadro de abastecimento dos trens e das estações, como o ar-condicionado, a iluminação interna dos vagões e estações, a segurança, caso haja falta de energia, entre outros.

Também não é viável a substituição de um TUE pelo BBT, visto que não teria a mesma capacidade e não atenderia a demanda, mas ainda sim é cabível um estudo para a inserção desse modelo em ambientes sem grande fluxo de pessoas.

## Referências

ABADE, A. K. Energia Fotovoltaica No Brasil: Projeto Piloto Ou Grande Mercado. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA: Desafio Da Reestruturação E Desenvolvimento Econômico E Social, 7, 1996, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: UFRJ, 1996. p. 347-357.

BAYRON BAY RAILROAD COMPANY. **Bayron Bay Train**. [S. l.]: Bayron Bay Railroad Company, 2019. Disponível em: <https://byronbaytrain.com.au/>. Acesso em: 25 jul. 2019.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Ferrovias De Integração**. Brasília, DF: Ministério da Infraestrutura, 2014. Disponível em: <https://www.infraestrutura.gov.br/ferrovias-de-integra%C3%A7%C3%A3o.html>. Acesso em: 5 jul. 2019.

BRONZATTI, F. L.; IAROSZINSKI NETO, A. Matrizes energéticas no Brasil: Cenário 2010-2030. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008. p. 1-15.

COMPANHIA PAULISTA DE TRENS METROPOLITANOS. São Paulo: CPTM, 2019. Disponível em: <https://www.cptm.sp.gov.br/Pages/Home.aspx>. Acesso em: 5 abr. 2019.

COSTA, R. C.; PRATES, C. P.T. O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 21, p. 5-30, 2005.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DE SÃO PAULO. **Frota de Veículos em SP - por tipo de veículo 2018**. São Paulo: DETRAN, 2018. Disponível em: <https://www.detran.sp.gov.br/wps/wcm/connect/portaldetran/detran/detran/estatisticatransito/sa-frotaveiculos/d28760f7-8f21-429f-b039-0547c8c46ed1>. Acesso em: 5 jul. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Balanço Energético Nacional. Rio de Janeiro: EPE, 2017.

GOMES, F. M. **A influência da modernização do sistema de trens no consumo de energia no metro de São Paulo**. 2017. Dissertação (Mestrado em Cidades Inteligentes e Sustentáveis) – Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2017.

GOMES, V. J. F. O Meio Ambiente e o Risco De Apagão No Brasil. *In*: SEMINÁRIO INTERNACIONAL REESTRUTURAÇÃO E REGULAÇÃO DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA E GÁS NATURAL, 2, 2007, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2007. p. 1-8.

MARENGO, J. A. *et al.* A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista USP*, São Paulo, n. 106, p. 31-44, 2015.

METRÔ (São Paulo). Relatório Integrado 2018. São Paulo: Metrô, 2018.

PACHECO, F. Energias Renováveis: breves conceitos. *Conjuntura & Planejamento*, Salvador, n. 149, p. 4-11, 2006.

VILLALVA, M. G. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. Campinas: Erica, 2012.

**THE USE OF PHOTOVOLTAIC PLATES IN THE GENERATION OF ENERGY FOR  
TRAINS IN METROPOLE PAULISTA**

**ABSTRACT**

*The study aims to verify the feasibility of the exchange or insertion of the solar matrix, using photovoltaic plates, in the generation of energy for the supply of trains in the metropolis of São Paulo, in order to reduce the emission of harmful gases to the environment. This will be done through the interpretation of data on energy consumption and emission of pollutant gases in the generation and consumption of energy from electric trains used in the capital of São Paulo, and from Byron Bay Train, a train supplied by photovoltaic energy used in Australia. It is expected that the generation of energy by photovoltaic plate will be inserted between the matrices of generation of energy for rail transport, which today uses, in large part, non-renewable sources. Finally, there is and is running a train that is supplied with photovoltaic energy in the world, as well as there is also a high demand for rail transportation in the urban mobility of São Paulo, and the most important is the rail modal can meet the same demand of people as the road modal, but with less emission of greenhouse gases, so the trains are an excellent alternative for locomotion and environment of São Paulo.*

**Keywords:** *Urban Mobility; Solar Matrix; Photovoltaic Plate; Greenhouse Effect; Environment.*

**Envio: novembro/2019**

**Aceito para publicação: dezembro/2019**