

## O Uso de Placas Fotovoltaicas na Geração de Energia para Trens na Metrôpole Paulista

Rodrigo Rodrigues da Silva<sup>1</sup>  
Daniel de Andrade Moura<sup>2</sup>

### Energias Renováveis

#### *Resumo*

O 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 metrôpole paulista, a fim de reduzir a emissão de gases nocivos ao meio ambiente. Isso será feito 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 do Byron BayTrain, trem abastecido por energia fotovoltaica usado na Austrália. É esperado 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. Enfim, existe e está em execução um trem que é abastecido com energia fotovoltaica no mundo, assim como também há alta demanda pelo transporte ferroviária na mobilidade urbana de São Paulo, e o mais importante é o modal férreo consegue atender a mesma demanda de pessoas que o modal rodoviário, porém com menos emissão de gases do efeito estufa, assim sendo, os trens são uma excelente alternativa de locomoção e meio ambiente de São Paulo.

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

---

<sup>1</sup>Aluno. Instituto Federal de São Paulo – São Paulo - IFSP – DEL, [rodrigoventurini62@gmail.com](mailto:rodrigoventurini62@gmail.com).

<sup>2</sup>Prof. Dr. Instituto Federal de São Paulo – São Paulo - IFSP – Física, [professor.danielmoura@gmail.com](mailto:professor.danielmoura@gmail.com).

## INTRODUÇÃO

O setor ferroviário tem relevante participação para a logística nacional, e ainda na participação de mobilidade urbana dos principais centros econômicos nacionais, que em alguns casos correspondem 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 número de passageiros e emissão por eixo modal é, para 16,8 bilhões de passageiros anual, transporte coletivo emite 2% de CO, enquanto que, transportes individuais emitem 83% de CO. Dessa forma, o transporte rodoviário emite 90% de CO<sub>2</sub> do setor de transporte [DETRAN, 2018; GOMES, 2017; EPE 2017, MMA, 2013].

Vale lembrar que em 2001 o Brasil teve a Crise do Apagão, ocorrida devido às faltas de chuvas nas cabeceiras dos rios dos reservatórios mineiros, que concentra cerca de 65% dos reservatórios de usinas hidrelétricas. Isso demonstra que existe a necessidade de diversificação das matrizes energéticas, principalmente para os meios de transporte, trazendo mais segurança a oferta de energia sem sucumbir às adversidades climáticas [GOMES, 2007; PACHECO, 2006].

E em 2014 a região de São Paulo vivenciou uma de suas maiores seca denominada “crise hídrica” que foi consequência da combinação de baixos índices pluviométricos, durante os verões de 2013-2014 e 2014-2015, da alta demanda de água, das ausências de planejamento adequado para o gerenciamento do recurso hídrico e para a consciência coletiva dos consumidores brasileiros para o uso racional da água [MARENGO, 2015].

A escassez de água interfere diretamente no fornecimento de energia elétrica da região 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 conta [MARENGO, 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 um enorme potencial de geração (BRONZATTI, 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 foi de 24MW. Dessa forma, cria um ambiente propício para seu uso [PACHECO, 2006; EPE, 2017; ABADE, 1996].

O foco deste artigo é investigar o uso da matriz solar, pretende-se verificar a possibilidade de diversificação da matriz energética aplicada ao transporte ferroviário meio urbano. A diversificação das fontes de energia elétrica no país é importante, porque vão além do compromisso com o meio ambiente, elas também representam a redução da dependência de outras tecnologias [SHAYANI, 2006; COSTA, 2005].

## METODOLOGIA

O trabalho será feito 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 do Byron BayTrain, trem abastecidos por energia fotovoltaica usado na Austrália.

A princípio o estudo procura-se entender a forma de consumo de cada um dos trens, para os trens usados pela CPTM, os TUE. Portanto serão levantados os dados técnicos dos trens, depois estudado para verificar se existe a possibilidade de instalar placas fotovoltaicas nos trens, para que eles possam realizar um determinado percurso. Assim como também será necessário entender e verificar se as placas fotovoltaicas conseguirão suprir a demanda energética, ou então 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 tem o mesmo desempenho com relação a velocidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O setor de transporte consome cerca de 32,4% da energia nacional, é o segundo setor que mais consome energia no país, e é o que mais emite CO<sub>2</sub>, cerca de 45,5% de toda a emissão do país, isso está relacionada as suas principais matrizes energéticas que são não renováveis, são elas: o óleo diesel 43,9%, a gasolina 29,3%, o etanol 16,8%, apenas uma pequena fatia corresponde a matriz de energia renovável é o biodiesel 3,3%. Nesse contexto pensar em variar a matriz energética, direcionada as fontes renováveis, nesse setor, pode ser importante para o uma sociedade mais sustentável [EPE, 2017].

Por outro lado, as matrizes elétricas nacionais são em maioria renováveis, a hidráulica corresponde a 68,1% da oferta nacional, a biomassa 8,2%, a eólica 5,4% e apesar da matriz solar fotovoltaico não atingir 1% da oferta, o seu crescimento é de 44,7%, segundo maior crescimento desse espectro entre 2015 e 2016. Dado o crescimento da oferta da matriz solar fotoelétrica é oportuno para inserir modais elétricos solares no setor de transporte, principalmente no transporte coletivo urbano [EPE, 2017, GOMES, 2017].

A CPTM, no início de sua operação, registrava, aproximadamente, 800 mil usuários por dia, considerando que em 1991 a população da capital paulista era de 9.610.659 segundo o IBGE, então cerca de 8% da população paulista usava a companhia para se locomover. Com o passar do tempo houve um acréscimo de usuários, e em 2018 a CPTM registrou cerca de três milhões de usuários por dia, equivalente a 25% dos cidadãos de São Paulo, dado que a população em 2018 era estimada em 12 milhões, segundo IBGE [METRÔ, 2018; IBGE, 2018]

Os trens de unidade elétrica (TUE) Alstom-Série 9000, Figura 1, compõe a frota

de trens que atendem a linha 11-Coral da CPTM, ou seja, percorrem o percurso desejado. O TUE 9000 é um modelo fabricado pela Alstom Brasil, entre 2012 e 2013, a fim de atender a demanda do Expresso Leste.



Figura 1. Trem TUE Alstom-Série 9000, visão externa e interna[WIKIPEDIA,2019].

O TUE 9000 tem sua composição esquematizada conforme a Figura 2, em que MC1 e MC2 são os carros chefe, cada um deles assume o controle dependendo do sentido em que a locomotiva seguir. Ao total são os oito carros de aço inox, e cada um possuem oito portas, quatro de cada lado, com 1,6m de largura. Os carros têm 4,073 metros de altura, e 3,040m de largura, corpo de aço inox, em condições ideais, comporta seis pessoas por metro quadrado, mas em horários de pico chega a comportar até oito pessoas por metro quadrado. 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.



Figura 2. Composição do TUE 9000[CPTM,2018].

Para mover essa locomotiva são utilizados dezesseis motores assíncronos de indução AC, com tração por inversor VVVF (VariableVoltage, VariableFrequency), com acoplamento Scharfenberg, sua transmissão é manual/automático, e tem 2860kW de potencia. Sua alimentação é de 3000Vcc por pantógrafos em catenária comum.

No sistema de classificações UIC (Union Internationale des Chemins de fer), que determina uma nomenclatura para as locomotivas a fim de dar informações sobre os eixos das locomotivas. O TUE 9000 tem a seguinte classificação: Bo'Bo'+ 2'2'+ 2'2'+ Bo'Bo'+Bo'Bo'+ 2'2'+ 2'2'+Bo'Bo', e a bitola irlandesa com 1600mm.

## CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Enfim, existe atualmente e está em execução um trem que é abastecido com energia fotovoltaica no mundo, assim como também há alta demanda pelo transporte ferroviária na mobilidade urbana de São Paulo, e o mais importante é o modal férreo consegue atender a mesma demanda de pessoas que o modal rodoviário, porém com menos emissão de gases do efeito estufa, assim sendo, os trens são uma excelente alternativa de locomoção e meio ambiente de São Paulo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) pelo apoio financeiro e técnico para realização deste trabalho.

## 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.

BRASIL. Carlos Minc. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Org.). **I Inventário Nacional De Emissões Atmosféricas Por Veículos Automotores Rodoviários.** Brasil: Ministério do Meio Ambiente, 2013. 21 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. (Org.). **Ferrovias De Integração.** 2014. Disponível em: <<https://www.infraestrutura.gov.br/ferrovias-de-integra%C3%A7%C3%A3o.html>>. Acesso em: 05 jul. 2019.

BRONZATTI, Fabricio Luiz; IAROZINSKI NETO, Alfredo. **Matrizes Energéticas No Brasil: Cenário 2010-2030.** In: Encontro Nacional De Engenharia De Produção, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2008, Rio de Janeiro. **ABEPRO.** Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008. p. 1 - 15.

COSTA, Ricardo Cunha da; PRATES, Cláudia Pimentel T.. **O Papel Das Fontes Renováveis De Energia No Desenvolvimento Do Setor Energético E Barreiras À Sua Penetração No Mercado.** BNDS. Rio de Janeiro, p. 5-30. mar. 2005.

EPE (Org.). **Balanço Energético Nacional.** Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2017. 61 p

GOMES, Francisco Moraes. **A Influência Da Modernização Do Sistema De Trens No Consumo De Energia No Metro De São Paulo.** 2017. 117 f. Tese (Doutorado) - Curso de Cidades Inteligentes e Sustentáveis, Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2017.

GOMES, Victor José Ferreira. in: II Seminário Internacional Reestruturação e Regulação do Setor de Energia Elétrica e Gás Natural, 2007, Rio de Janeiro. **O Meio Ambiente e o Risco De Apagão No Brasil.** Rio de Janeiro: GESEL, 2007. p. 1 - 8.

MARENGO, José A. et al. **A Seca E A Crise Hídrica De 2014-2015 Em São Paulo. Revista USP**, São Paulo, v. 1, n. 106, p.31-44, set. 2015.

METRÔ (Org.). **Relatório Integrado 2018**. 2018. ed. São Paulo: Metrô, 2018. 165 p.

PACHECO, Fabiana. Energias Renováveis: breves conceitos. **Conjuntura e Planejamento**. Salvador, p. 4-11. out. 2016.

SÃO PAULO. DETRAN. (Org.). **Frota de Veículos em SP - por tipo de veículo. 2018**.

Disponível em:

<<https://www.detran.sp.gov.br/wps/wcm/connect/portaldetran/detran/detran/estatisticastransito/sa-frotaveiculos/d28760f7-8f21-429f-b039-0547c8c46ed1>>. Acesso em: 05 jul. 2019.

SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de; CAMARGO, Ivan Marques de Toledo. **Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais**. In: Políticas Públicas Para A Energia: Desafios Para O Próximo Quadriênio, 5., 2006, Brasília. **CBPE**. Brasília: CBPE, 2006. p. 1 - 16.