

# TRABALHOS TÉCNICOS DA 25ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA & 6º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

## CATEGORIA 2

### AVALIAÇÃO DOS ESTUDOS DE EMISSÕES DE POLUENTES DURANTE O CICLO DE VIDA DE SISTEMAS SOBRE TRILHOS

#### SÍNTESE DO TRABALHO

**Objetivo:** Os sistemas sobre trilhos são reconhecidos como tendo a menor emissão de CO<sub>2</sub> na comparação com outros meios de transportes motorizados. Contudo, considerando as emissões totais, incluindo, por exemplo, a construção da infraestrutura, é preciso investigar se esses sistemas continuam, em termos de emissão de CO<sub>2</sub>, como a melhor alternativa de transporte.

O objetivo deste trabalho é pesquisar a ACV - Avaliação do Ciclo de Vida em sistemas sobre trilhos, com o objetivo de estimar a importância de cada estágio do ciclo de vida na quantidade de CO<sub>2</sub> emitida durante o tempo de vida útil do sistema e as condições que justifiquem, ou não, a implantação desses sistemas. A seção 1 constituirá como uma introdução, onde haverá uma breve contextualização do estudo em questão e será definido o objetivo. A seção 2 analisará os componentes dos sistemas sobre trilhos. A seção 3 abordará a ACV e as normas, modelos de avaliação e ferramentas de software a ela relacionadas. A seção 4 analisará os resultados das emissões de CO<sub>2</sub> durante o ciclo de vida em estudos já desenvolvidos e publicados de sistemas sobre trilhos do Brasil (ex. Metrô do Rio de Janeiro e São Paulo) e do mundo (ex. Metrô de Nova Iorque e Chicago, e sistemas ferroviários da Suécia, Japão, Estados Unidos e Reino Unido), e as condições que justificam a implantação desses sistemas. A seção 5 apresentará as conclusões do artigo.

**Relevância:** A infraestrutura e os veículos compreendem as etapas de construção, operação, manutenção e fim de vida. O combustível, que no sistema sobre trilhos é usualmente a eletricidade, tem apenas a etapa de

construção (ou seja: a geração da energia elétrica). Portanto a abordagem do ciclo de vida nos sistemas sobre trilhos pode ser dividida em componentes operacionais (operação dos veículos e operação da infraestrutura) e não operacionais (construção da infraestrutura, construção dos veículos, manutenção da infraestrutura e manutenção dos veículos). As emissões operacionais são devidas ao consumo de energia na movimentação dos veículos e na operação da infraestrutura e as emissões não operacionais são devidas à construção e à manutenção da infraestrutura e dos veículos. A construção da infraestrutura do sistema inclui etapas como a construção de túneis, elevados e estações; a construção das estruturas que suportam os trilhos e a alimentação energética; e a manufatura dos insumos utilizados nessas construções e nos trilhos. A construção dos veículos inclui a fabricação dos trens. A manutenção da infraestrutura e dos veículos inclui a manufatura das peças de manutenção.

As pesquisas publicadas da ACV em sistemas sobre trilhos têm diferentes abordagens e limites do escopo, contribuindo para dificuldades de comparação entre os estudos realizados. A grande complexidade desse levantamento tem dificultado as pesquisas nessa área. Contudo a utilização apenas da abordagem operacional em detrimento da abordagem do ciclo de vida resulta numa informação deficiente sobre a emissão dos sistemas sobre trilhos.

**Descrição:** As pesquisas publicadas que incluem os sistemas sobre trilhos, apontam para significativas contribuições na emissão de gases das fases não operacionais. Chester (2008) e Chester e Hovarth (2009a) avaliaram alguns metrô dos Estados Unidos com o objetivo de construir um inventário de ciclo de vida. Determinaram o impacto das fases não operacionais quantificando o crescimento das emissões em relação às fases operacionais, considerando o ciclo de vida. Os resultados desses estudos, divulgados em percentuais de emissões superiores das fases não operacionais comparadas às emissões das fases não operacionais, foram de:

75% no Metrô de Chicago; 94% no Metrô de Nova Iorque; 119% na Linha BART do Metrô de São Francisco; e de 146% na Linha MUNI do Metrô de São Francisco. Morita et al. (2011) realizaram abrangente estudo do ciclo de vida de ferrovias e o aplicaram em uma ferrovia na cidade de Tokyo (Japão). Encontraram valores em que, a partir do 22º ano após a inauguração, a emissão operacional já seria maior que a da construção da infraestrutura. No tempo de vida de 50 anos da ferrovia a emissão devida às fases de construção representariam apenas 35,4% do total. Na visão global a ferrovia teria uma emissão menor que outros meios de transporte, sendo, portanto, plenamente justificada. Andrade e D'Agosto (2016) analisaram o ciclo de vida da Linha 4 do Metrô do Rio de Janeiro abrangendo as fases de construção da infraestrutura, fabricação dos trens, manutenção e operação dos trens e da infraestrutura encontrando, para um período de 60 anos de funcionamento, o valor médio de 13,90 gCO<sub>2</sub>/pass-km. Silva et al. (2017) avaliaram a construção da infraestrutura e fabricação de trens da Linha 5 do Metrô de São Paulo encontrando uma emissão de 31 mil tCO<sub>2</sub> por km construído.

"Declaro que o presente trabalho não é totalmente inédito, já tendo sido publicado (em parte) em livro, revistas especializadas ou na imprensa em geral. Por esse motivo, considero pertinente não concorrer a premiação com esse artigo".

Declaro que o presente trabalho não é inédito, já tendo sido publicado em livro, revistas especializadas ou na imprensa em geral.

*Carlos Eduardo Sanches de Andrade*

*Mestre e Doutor em Engenharia de Transportes. Possui 2 graduações: Administração e Engenharia de Produção; 3 pós-graduações lato sensu: MBA em Marketing, MBA em Qualidade e Engenharia Metroferroviária; e 2 pós-graduações stricto sensu - Mestrado e Doutorado em Engenharia de Transportes pela COPPE/UFRJ. É professor adjunto da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Goiás (FCT/UFG), das graduações*

*em Engenharia de Transportes e Engenharia Civil. Atuou como Engenheiro de Operações do Metrô do Rio de Janeiro por mais de 15 anos (2003 a 2019).*