



PREFEITURA
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS



6- EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E VIABILIDADE AMBIENTAL

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

1. Eficiência Energética:

O transporte coletivo urbano é responsável por parcela significativa do consumo de energia nas grandes cidades, com impactos indiretos na qualidade do ar e na qualidade de vida dos habitantes dos grandes centros urbanos.

A avaliação dos serviços prestados para comparação de resultados com as diferentes tecnologias existentes no mercado, pode ser de extrema importância para subsidiar tomadas de decisões em relação a utilização ou expansão do material rodante nos serviços de transporte coletivo de passageiros.

Esse setor é o maior contribuinte para a emissão de gases do efeito estufa(GEE) e os congestionamentos estão cada vez maiores e frequentes, fruto da urbanização e acesso aos veículos privados. Dessa forma, cada vez mais as cidades buscam aprimoramento em seus sistemas de transportes promovendo mais inclusão social, redução nos níveis de poluentes e disponibilizando uma opção de mobilidade eficiente e acessível.

Esse aprimoramento pode ser feito através de infraestruturas, como corredores, porque os corredores garantem confiabilidade e viagens mais rápidas. Se isso não é possível, fazer faixas exclusivas para ônibus ajuda muito. Além do que, dados e tecnologia são fundamentais e há necessidade de incorporar isso para melhorar os serviços e seu alcance.

Estudos apontam que a eletrificação do transporte é considerada uma medida fundamental para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e mitigar as mudanças climáticas.

Importante ressaltar que nesse contexto, os ônibus não poluentes trazem vantagens ambientais e redução nos custos da saúde pública, o que já justificaria investimentos nessa tecnologia.

Em São José dos Campos, temos o case da “Frota 100% Elétrica em uso na Atividade de Segurança”, que baseou-se na troca de todos os veículos que havia em operação com os Guardas Cívicos Municipais num total de 14 Vectras GM no período de 2017 a 2018 por 30 veículos elétricos no período de 2018 a 2019, trazendo uma economia de R\$ 837.000,00 além da emissão “zero” de gases poluentes como demonstrado na tabela a seguir.

TABELA COMPARATIVA DE GASTOS DE COMBUSTÍVEL - GASOLINA X ELETRICIDADE

FROTA GCM 2017/2018

14 Vectra
Consumo médio - 10 km/litro de gasolina

Média de quilometragem por 24 horas de uso - 230 km

Custo atual para rodar 230 km - Preço médio da Gasolina R\$ 4,00 x 23 litros
R\$ 92,00 (noventa e dois reais)

Considerando 24 horas de uso e 30 dias no mês, multiplicando por 30 veículos, teríamos um gasto mensal de:

Valor carro: R\$ 2760,00
Valor Frota: R\$ 82.800,00

FROTA GCM 2018/2019

30 veículos elétricos
Consumo médio - 250 km com 1(uma) recarga

Média de quilometragem por 24 horas de uso - 230 km

Custo atual para rodar 230 km - Preço médio do kwh R\$ 0,30331 x 47,5 kwh (capac. máx. da bateria)
R\$ 14,50 (quatorze reais e cinquenta centavos)

Considerando 24 horas de uso e 30 dias no mês, multiplicando por 30 veículos, teríamos um gasto mensal de:

Valor carro alugado R\$ 435,00
Valor Frota: R\$ 13.050,00

Valor final ano: R\$ 993.600,00 em gasto com combustível

Valor final ano: R\$ 156.600,00 em gasto com energia elétrica

DIFERENÇA DE GASTO (ECONOMIA): GASOLINA X ELÉTRICO r\$ 837.000,00

Outro exemplo a ser considerado é o caso da SPTrans de São Paulo¹ que vem desenvolvendo estudos das tecnologias limpas, em face das alterações definidas pelo artigo 50 da lei 16.802, de 2018, que definiu a redução progressiva do uso de combustíveis fósseis nos próximos 20 anos para a frota de ônibus do transporte coletivo da capital paulista.

Baseado no contrato de concessão existente e na nova legislação, levou-se em consideração que nos próximos 10 anos o CO² Fóssil deverá apresentar uma redução de 50%, caindo para 100% em 20 anos. Para material particulado a redução ao fim de 10 anos deverá ser de 90%, reduzindo para 95% em 20 anos. E para NOx, a redução prevista pelo artigo 50 é de 80% em 10 anos, subindo para 95% em 20 anos.

Ainda existem itens que podem favorecer a adoção de energias mais limpas, especificamente as depreciações do veículo ao longo da vida útil pois devem ser diferentes – maior para aqueles movidos com motor a combustão, média prevista de 10 anos e veículos de tração elétrica, média prevista de 15 anos. Também pode ser prevista a recuperação de receita das empresas que adotarem a energia limpa.

O destaque maior dos testes realizados em São Paulo aconteceu quando houve a inserção dos veículos elétricos a bateria que comparado aos trólebus o consumo de KWh/h desses ônibus foi quase 50% menor.

No total, os quatro modelos rodaram 48.000 km, transportando 135.000 passageiros no período, resultando na seguinte tabela comparativa de consumo:

¹ ANTP. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana. Relatório Geral. Associação Nacional de Transporte Público, 2011.

TIPO TECNOLOGIA(1)	Consumo Unidade/km(2)	Custo combust./Energia R\$/Km(3)	Comparação relativa
Elétrico Bateria	1,160kwh/km	0,522	29,20%
Híbrido	0,389 litro/km	1,2497	69,90%
Trólebus	2,290 kwh/km	1,2982	72,70%
Gás Natural	0,794m ³ /km	1,6284	91,20%
Diesel	0,556 litro/km	1,7862	100%

(1) Veículo Padron / **(2)** Resultado de testes realizados / **(3)** Base julho/2019.

Para os testes os seguintes critérios técnicos operacionais foram utilizados:

- Quilometragem diária- entre 200 e 250 km (autonomia do veículo)
- Média de passageiros – superior a 650 (operação com elevado nível de ocupação)
- Quantidade de veículos na linha- superior a 20 (comparativo entre tecnologias)
- Percurso total da linha por viagem – superior a 25 km (manter elevada a ciclagem da bateria)
- Proximidade do ramal de alta tensão – menor custo de instalação.

Fica clara aqui a vantagem ao longo desse período obtida pelos veículos elétricos a bateria quando se leva em conta os custos de manutenção, operação e a aquisição da infraestrutura e dos ônibus.

O veículo elétrico a bateria é o que representa a melhor relação de custo por quilometro. Os atuais híbridos são considerados como “tecnologia de transição”, pois não atendem completamente as metas de redução impostas pela lei (SP) isso se utilizarem combustíveis fósseis.

Um outro estudo que pode ser utilizado como referência, realizado por um programa financiado pelo BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento) e pela Fundação Clinton (Clinton Climate Initiative) testou 17 diferentes modelos de ônibus urbanos para medir sua eficiência energética comparadas aos ônibus diesel similares assim como os níveis de poluentes em seus ciclos comerciais rotineiros em 4(quatro) cidades da América Latina – São Paulo, Rio de Janeiro, Bogotá e Santiago.

Os testes mensuraram o consumo de combustível dos ônibus diesel e dos híbridos, e de consumo de energia elétrica (convertido em litros equivalentes de diesel). A fim de evitar distorções em função das flutuações dos preços de eletricidade nos mercados locais, o consumo equivalente de combustível foi estimado pela conversão em kWh e litros de kcal

de energia. Já na análise sobre o ciclo de vida de cada tecnologia em função dos custos de aquisição do veículo, e de operação de cada tecnologia, os dados locais de energia em cada cidade foram levados em consideração. Os ônibus diesel convencionais foram chamados de RDB (Regular Diesel Bus) e foram usados como padrão de referência. Os ônibus híbridos foram divididos nas duas tecnologias: m paralelo (PHB – Parrallel Hybrid Bus) e em série (Series Hybrid Bus). Na média, os ônibus híbridos se mostraram 31% mais eficientes que os ônibus diesel convencionais na comparação por veículo equivalente, enquanto que os trólebus (testados em São Paulo) foram 56% mais eficientes que os ônibus diesel. Os ônibus elétricos movidos à bateria variaram seu desempenho em função da tecnologia da bateria utilizada. A tecnologia com bateria de íons de lítio convencional reduziu 73% (testes em Santiago), enquanto que o ônibus elétrico movido à bateria de fosfato de ferro-lítio (testes em Bogotá), reduziu em 81% o consumo energético em comparação ao ônibus diesel.

2. RESULTADOS DO CICLO DE VIDA ECONÔMICO DAS TECNOLOGIAS.

Para comparação do ciclo de vida total das diferentes tecnologias, fez-se necessário comparar os custos de aquisição inicial dos veículos, seu consumo de energia e gastos com manutenção ao longo da vida útil do veículo (10 anos). A idade média pode variar de acordo com os contratos de cada cidade. No caso da cidade de São Paulo, por exemplo, a idade média da frota deve ser de 5 anos, sendo que o ônibus mais velho em operação não podem ultrapassar os 10 anos (híbridos podem operar até 12 anos e elétricos até 20 anos). Mesmo com essa vantagem dos ônibus elétricos tenham em poder operar por mais de 10 anos, para efeito dessa avaliação de ciclo de vida, será utilizado a mesma idade máxima de 10 anos para a avaliação (prazo que o fornecedor garante que a bateria de fosfato de ferro teria ainda um mínimo de capacidade residual de 65%).

Entretanto, os ônibus elétricos (trólebus e movidos a baterias) não precisam ser renovados nos 10 anos de contrato, enquanto que os ônibus diesel precisam renovar 20% da frota a partir do sexto ano de operação (a fim de manter a média de 5 anos). Dessa maneira, até o ano 10, um operador que prefira operar somente com ônibus diesel terá que comprar outros 10 ônibus novos para garantir a idade média dentro da legislação no período total de 10 anos, já se forem operados por híbridos, o mesmo teria que comprar outros 7 veículos enquanto os elétricos, nenhum a mais. Além disso, é notório que operadores renovam sua frota antes do período máximo, em função dos lucros que podem ser obtidos com a revenda desses veículos para o mercado secundário enquanto ainda estão novos. Porém, o lucro com a revenda dos ônibus vem caindo drasticamente nos últimos anos, e não deve se manter como uma fonte extra de recursos aos operadores no longo prazo, o que deve mudar essa prática. Atualmente, os operadores de São Paulo ganham um rendimento bruto líquido de 12% sobre o capital investido, por isso, existe maior incentivo para renovação de frota do que em outras cidades Brasileiras.

3. CONCLUSÕES

A presente análise acompanhada dos estudos aqui tratados demonstra que embora essas novas tecnologias sejam mais caras para aquisição inicial, elas podem ser mais econômicas se analisadas em todo seu ciclo de vida em função das legislações existentes. É possível afirmar, portanto, que os custos de operação e manutenção afetam mais os ciclos econômicos mais que custos de capital inicial para a aquisição dos veículos.

Existe grande economia energética com o uso da eletricidade nos sistemas de transporte coletivo. Os híbridos operando nas planícies podem atingir reduções medias de 31% e os elétricos puros podem reduzir 56% para os trólebus e **77% na média para as diferentes tecnologias de elétricos, sendo que o melhor desempenho de todos os 17 ônibus testados atinge uma redução de 81% no consumo energético.**

Considerando uma frota de 10 ônibus operando determinada linha na cidade de São Paulo, os ônibus híbridos poderiam reduzir cerca de 7% do custo total operacional em relação aos ônibus diesel atualmente em operação na cidade, assim como **os ônibus elétricos poderiam reduzir em até 22% o custo total dessa operação.**

Viabilidade Ambiental

Vantagens ao Meio Ambiente.

É pertinente a comparação sobre os impactos no meio ambiente entre os motores movidos por combustão fóssil/orgânica e os movidos por eletricidade. É recorrentemente aceitável entre os operadores de transportes de massa que a operação compreendida pelo uso rotineiro e a manutenção dos veículos elétricos, corresponde a um terço do trabalho nos veículos com motores a combustão para a mesma distância percorrida. Aderente a isso, a manutenção com troca de óleo dos veículos elétricos é menos exigente quanto a periodicidade por km rodado. Diante desses aspectos, é possível afirmar que, em razão do menor trabalho mecânico exigido dos motores e das máquinas e equipamentos usados nas manutenções pertinentes, o prejuízo causado ao meio ambiente pelos motores elétricos é sensivelmente menor do que os provocados pelos motores a combustão.

Outro ponto a destacar é o uso da energia regenerativa gerada pelas travagens na condução que pode ser regenerada e usada para recarregar as baterias dos veículos elétricos. Essa operação também contribui favoravelmente ao meio ambiente já na produção de energia elétrica necessária para a motorização dos veículos.

Cabe ressaltar que a convivência amigável entre motorização elétrica e o meio ambiente, vem provocando dos governos, notadamente o federal, ações agressivas no sentido de incentivar o uso de veículos elétricos. Dados da Organização Meteorológica Mundial (OMM) revelaram um preocupante aumento da concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera terrestre e que vem aumentando percentualmente ano a ano. Em contrapartida, seja pelo Acordo de Paris ou pelos ODSs (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) da ONU (Organização das Nações Unidas), os esforços para diminuir a emissão do gás, que é o maior causador do efeito estufa no planeta, têm sido enormemente empreendido. Frente a isso, considerando que os veículos elétricos para o seu deslocamento convertem eletricidade em energia motriz “não” emitem poluentes e os VLPs contribuirão imensamente com a preservação o meio ambiente.

Por oportuno, levantamentos feitos através da calculadora *Pegada Ecológica da Iniciativa Verde* (www.iniciativaverde.org.br), cada tonelada de CO₂ emitido, significa 7.14 árvores para serem plantadas com o intuito de compensação.

Com os dados abaixo, podemos calcular a compensação ambiental do uso de veículos a bateria versus veículos à diesel:

- Extensão do ciclo: 17Kmm
- Velocidade média: 35 km/h/veículo
- Km/dia/veículo: 510 km
- Para o sistema: 6120 km/dia
 - No mês: 186 000 Km

E, segundo a calculadora o veículo gera 1,3 kg de CO₂ por km rodado.

Para um percurso do sistema de 186.000 km/mês gera-se 242 toneladas de CO₂/mês.

Deste modo por mês **compensam-se 1728 árvores e por ano 20.734 árvores**, mostrando a superioridade ambiental do veículo elétrico à baterias.

Ainda em relação aos benefícios trazidos ao meio ambiente, em razão da condução silenciosa pela ausência do sistema de escape, uma das principais fontes de ruídos em automóveis, os veículos elétricos não produzem poluição sonora.

Um alerta pertinente e que provoca ações prementes para defesa do meio ambiente, diz respeito ao conteúdo da poluição emitida pelos veículos automotores e que são fortemente prejudiciais ao organismo humano. Os poluentes emitidos pelo tubo de escapamento dos veículos são constituídos pelos produtos gerados durante reação incompleta que ocorre no motor a combustão. Na queima de combustível nos motores ciclo Otto, os gases de exaustão são constituídos basicamente por monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC). Estes poluentes, em contato com sistemas respiratórios, podem produzir vários efeitos negativos sobre a saúde das pessoas, principalmente em crianças e idosos.

Diante disso, é necessário a adoção de ações que, conforme prescreve a Agenda 2030, incentivem energia veicular motriz limpa, e os VLPs proposto para a aquisição para a Linha Verde estão absolutamente aderentes à este propósito e garantirão a qualidade do meio ambiente.

