

## **Resultados do teste com o ônibus elétrico na cidade do Rio de Janeiro.**

Guilherme Wilson<sup>1</sup>; Sérgio Peixoto dos Santos<sup>2</sup>; Taisa Calvette<sup>3</sup>; Richele Cabral<sup>4</sup>; Christiane Chafim<sup>5</sup>; Giselle Ribeiro<sup>6</sup>; Vinícius Thees<sup>7</sup>.

<sup>1</sup>Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro – Fetranspor, Rua da Assembleia,10 – 39º andar Centro, Rio de Janeiro - RJ CEP 20011-901 (21) 3221-6300 guilherme.wilson@fetranspor.com.br

<sup>2</sup>Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro – Fetranspor, Rua da Assembleia,10 – 39º andar Centro, Rio de Janeiro - RJ CEP 20011-901 (21) 3221-6300 sergio.peixoto@fetranspor.com.br

<sup>3</sup>Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro – Fetranspor, Rua da Assembleia,10 – 39º andar Centro, Rio de Janeiro - RJ CEP 20011-901 (21) 3221-6300 taisa.abbas@fetranspor.com.br

<sup>4</sup>Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro – Fetranspor, Rua da Assembleia,10 – 39º andar Centro, Rio de Janeiro - RJ CEP 20011-901 (21) 3221-6300 richele.cabral@fetranspor.com.br

<sup>5</sup>Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro – Fetranspor, Rua da Assembleia,10 – 39º andar Centro, Rio de Janeiro - RJ CEP 20011-901(21) 3221-6300 christiane.chafim@fetranspor.com.br

<sup>6</sup>Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro – Fetranspor, Rua da Assembleia,10 – 39º andar Centro, Rio de Janeiro - RJ CEP 20011-901(21) 3221-6300 giselle.ribeiro@fetranspor.com.br

<sup>7</sup>Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro – Fetranspor, Rua da Assembleia,10 – 39º andar Centro, Rio de Janeiro - RJ CEP 20011-901 (21) 3221-6300 vinicius.sampaio@fetranspor.com.br

## **RESENHA**

Em busca de alternativas cada vez mais limpas para substituir os combustíveis fósseis, foram realizados testes com finalidade de analisar a viabilidade dos veículos 100% elétricos e a realização de um comparativo em relação à tecnologia convencional em situações reais e cotidianas de tráfego e passageiros.

**PALAVRAS-CHAVES:** Ônibus elétrico, bateria, teste, tecnologia limpa

## **INTRODUÇÃO**

Segundo estimativas do Balanço Energético Nacional 2013 (BEN, 2013), no ano de 2012 o setor de transportes consumiu cerca de 57% dos derivados de petróleo. Isso mostra a importância do setor e sua atual dependência nos combustíveis fósseis e por consequência sua contribuição na emissão de gases de efeito estufa. O crescimento urbano resulta em maior demanda pelo transporte e na busca por tecnologias mais limpas e eficientes como o uso de biocombustíveis e os ônibus híbridos e elétricos.

Neste contexto, a Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro (Fetranspor) em parceria com a BYD, empresa chinesa fabricante mundial de baterias e veículos elétricos, realizou um Programa de teste do ônibus 100% elétrico na cidade do Rio de Janeiro. O modelo testado utilizou baterias de fosfato de ferro, consideradas mais limpas e seguras, porque são recicláveis, à prova de fogo, isento de metais pesados e pesquisas apontam para uma maior durabilidade comparada as baterias convencionais, mas esta tecnologia é recente e ainda não possui resultados em longo prazo.

O Programa foi implementado com o apoio da Prefeitura do Rio, pela da Secretaria Municipal de Transportes, da C40 *Cities Climate Leadership Group* e em parceria com a empresa Rodoviária A. Matias e do consórcio Internorte, associado ao Sindicato das Empresas de Ônibus do Rio de Janeiro (Rio Ônibus). Foi testado o desempenho de um veículo 100% elétrico comparado à tecnologia convencional em situações reais de tráfego e passageiros.

## DIAGNÓSTICO, PROPOSIÇÕES E RESULTADOS

O ônibus testado possui um sistema de motorização que é impulsionado por energia elétrica que fica armazenada em baterias. Estas baterias são recarregadas através de uma fonte de eletricidade fixa, que no caso do teste foi realizado através de capacitores instalados na garagem do operador.

Os ônibus convencionais possuem um motor de combustão interna que através da queima de diesel, geram a energia necessária para se locomover. Os ônibus híbridos por sua vez possuem um sistema que combina um motor de combustão interna e um sistema de propulsão elétrico.

Desta forma, cada sistema de motorização possui diferentes fontes de energia e consequentemente diferentes emissões de poluentes. No caso do veículo elétrico, onde não há a queima de combustível fóssil, as emissões de poluentes locais decorrentes da combustão não ocorrem. Mas, vale ressaltar que considerando todo o ciclo de produção da energia elétrica no Brasil, as emissões provenientes das termelétricas que utilizam combustíveis fósseis para geração de energia devem ser consideradas.

O Programa de teste do ônibus 100% elétrico ocorreu durante os meses de abril e maio de 2014, no município do Rio de Janeiro na linha urbana 249 (Água Santa- Carioca) que possui cerca de 35 km de extensão por viagem (trajeto de ida e volta).



Mapa 1 – Trajeto da linha 249 na cidade do Rio de Janeiro

Visando minimizar os fatores externos que poderiam influenciar no consumo da carga das baterias e no tempo de viagem, buscou-se manter o mesmo comportamento durante todo o período de teste como: o mesmo motorista, horários, período de carregamento e trajeto.

Devido à diferença nas condições do número de passageiros e tráfego nos finais de semana (sábado e domingo), as viagens foram restritas somente para dias úteis (segunda a sexta-feira).

O carregamento das baterias foi realizado através de capacitores instalados na garagem operadora, pelo qual fornece energia para as baterias por meio de um sistema bidirecional AC de 380 volts. Este foi realizado predominantemente no período noturno e sem interrupção. O sistema de carregamento possui dois conectores que funcionam concomitantemente. Devido a grande demanda de energia pela garagem no período da noite, apenas um conector foi utilizado para o carregamento durante o teste e teve duração média de 6:45 horas. Para adequação da carga de bateria consumida nas quatro viagens diárias realizadas, foi carregado em média 60% da capacidade da bateria. Vale ressaltar que utilizando os dois conectores o tempo seria reduzido para a metade. Ou seja, estima-se que a carga total (100% da capacidade da bateria) tenha duração de 5h utilizando os dois conectores.



Figura 1 – Painel do sistema de carregamento instalado na garagem Rodoviária A. Matias

Sabe-se que cada motorista possui um jeito específico de dirigir que muitas vezes pode influenciar na autonomia do carro. Desta forma, para evitar qualquer diferença que pudesse ocorrer neste quesito, foi mantido o mesmo motorista por todo o período e viagens. No entanto, para não sobrecarregar a sua carga horária de trabalho, foram realizadas somente quatro viagens diárias.



Figura 2 – Disposição interna do validador, cobrador e roleta no interior do ônibus elétrico



Figura 3 – Ônibus elétrico fazendo uma demonstração nas vias do Rio de Janeiro

Buscou-se avaliar o comportamento diário do consumo de energia visando minimizar as condições específicas de cada viagem, mas que se repetem diariamente como: horário, volatilidade do número de passageiros, tráfego e etc. Esta análise foi possível visto que a carga consumida foi analisada no contexto diário e por viagem.

O gráfico 1 mostra o comportamento do consumo diário, ou seja, o consumo total das 4 viagens realizadas que totalizam 138Km com um tempo médio total de 9:16h.

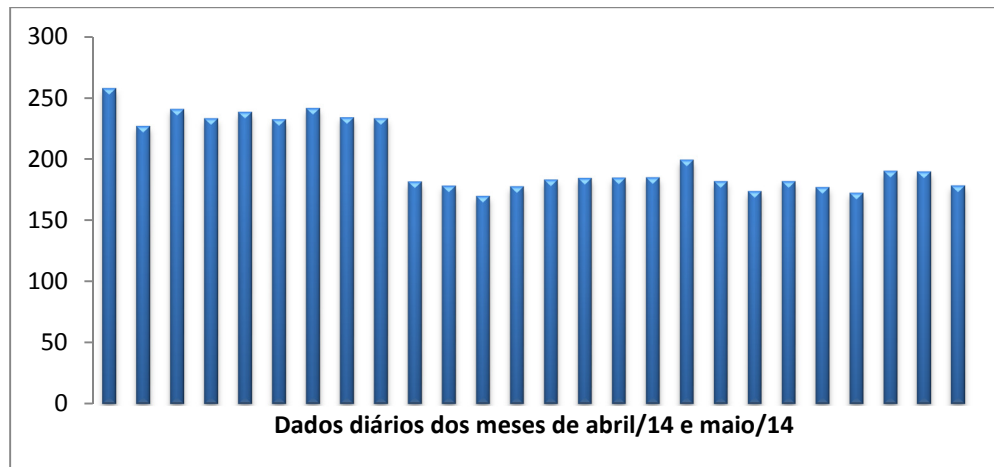


Gráfico 1 – Carga consumida total por dia em kWh

Observou-se que o consumo diário foi reduzido a partir do segundo mês do teste após uma atualização no software das baterias que melhorou o desempenho do sistema.

No primeiro mês a média de carga diária foi de 234,57 kWh que equivale a aproximadamente 0,59 Km/ kWh e a partir do segundo mês foi de 181,91 kWh e 0,76 km/kWh, que representa um ganho de 22%.

Por razões técnicas não foi possível consumir toda a carga das baterias para se obter uma medida mais precisa da autonomia total, no entanto, esta foi estimada em 250 km com base na performance do carro. O consumo em KWh por viagem é mostrado no Gráfico 2.

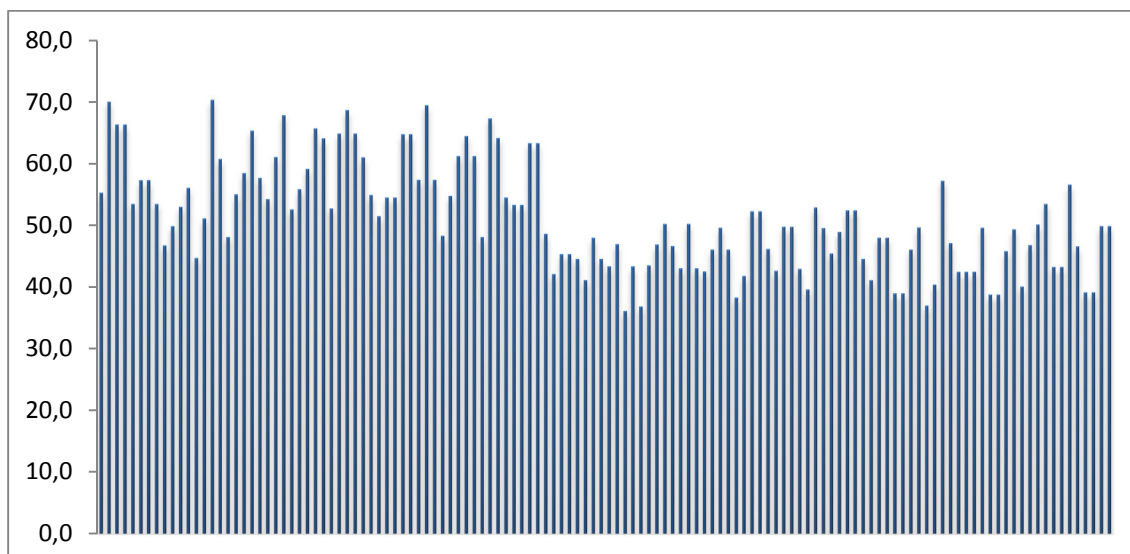


Gráfico 2 – Consumo em kWh por viagem

As variações no consumo por viagem podem ter ocorrido em função das diferenças no tráfego, número de passageiros (carregamento), horário de pico e outros motivos adversos.

No tangente ao número de passageiros por dia e viagem, nota-se que este não tem um padrão de comportamento devido a fatores não controláveis como: distância entre outro ônibus da mesma linha, horário, clima e etc.

Vale ressaltar que devido à disposição das baterias internamente, nota-se que o ônibus possui um espaço interno menor comportando menos passageiros do que o ônibus convencional conforme mostra a figura 1 e 2. O ônibus testado comporta uma média de 50 pessoas enquanto o convencional comporta cerca de 60 pessoas.

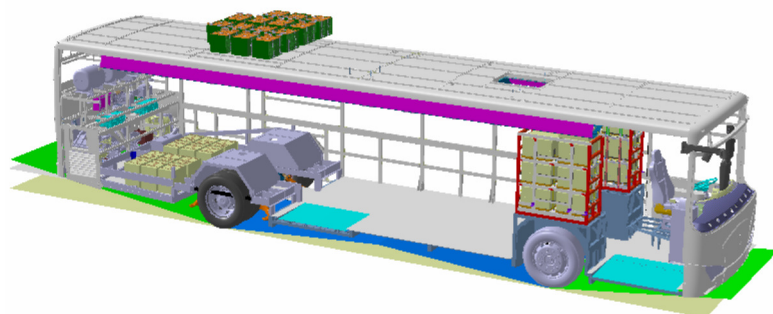


Figura 4 – Disposição das baterias

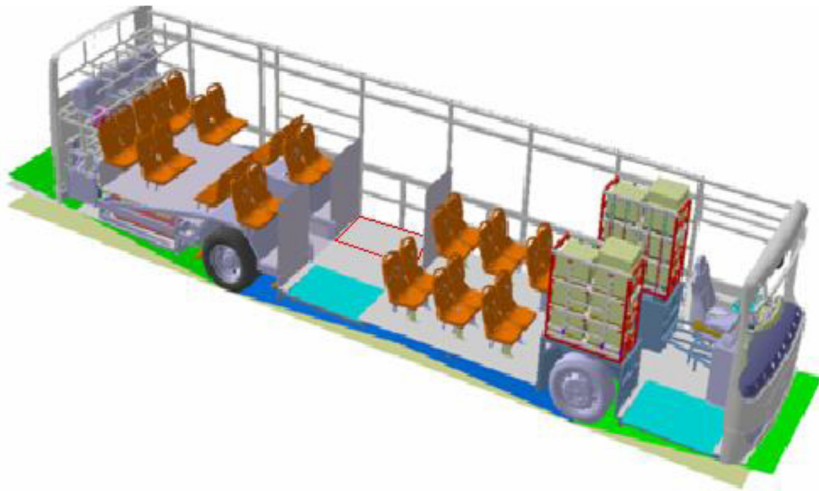


Figura 5 – Disposição interna dos passageiros

Em geral o tempo médio das viagens foi de 2:19 horas variando de acordo com a hora do dia e condições de tráfego. O gráfico 3 abaixo mostra o tempo de cada viagem durante todo o período do teste.

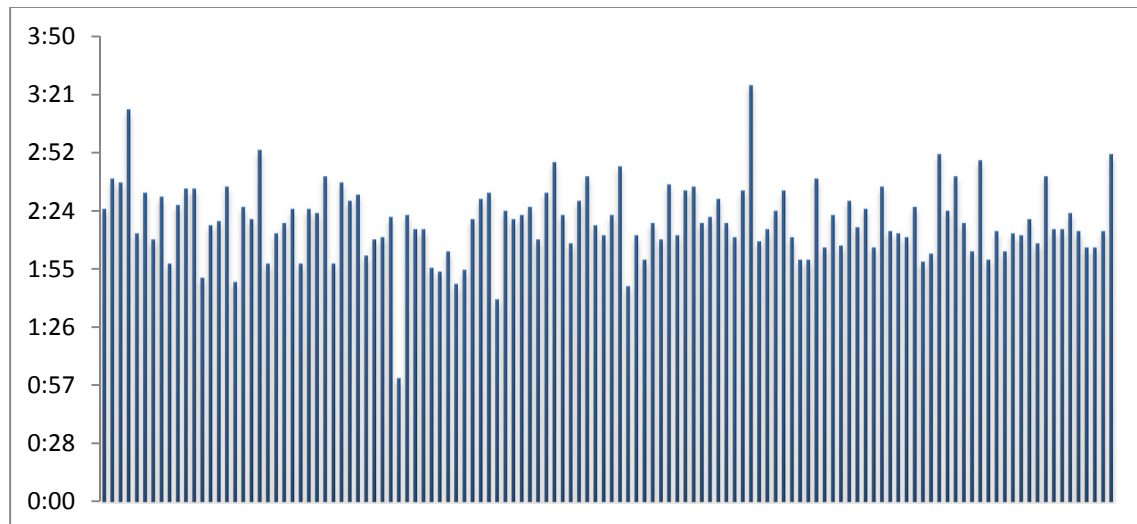


Gráfico 3 – Tempo por viagem

Nota-se um comportamento cíclico que é explicado pelas condições do sistema viário, que em horários de pico aumenta o tempo da viagem. Vale ressaltar que estas condições de tráfego explicam parte da variação no consumo das baterias quando se compara cada viagem.

O Gráfico 4 mostra o tempo gasto diariamente com as 4 viagens. Nota-se que o tempo médio diário foi de 9:16 horas.

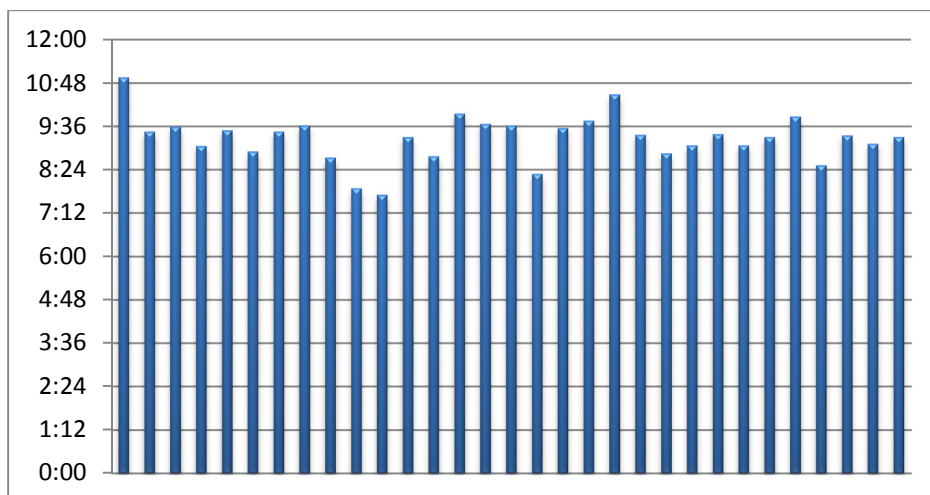


Gráfico 4 – Tempo total diário (4 viagens por dia)

Ao comparar o ônibus convencional movido a óleo diesel na mesma linha observa-se que cada ônibus percorre em média cerca de 250km por dia, o que seria o equivalente a autonomia estimada do ônibus elétrico. No tangente ao comparativo de consumo por km, a média para o veículo a diesel foi de 2,62 km/litro e para o ônibus elétrico de 0,68 Km/Kwh. O custo relativo ao diesel é de R\$ 2,10 por litro (valor no mês do teste) e a eletricidade cerca de R\$ 0,25 por Kwh (valor estimado pago no período do teste, vale ressaltar que este se difere de acordo com o fornecedor, localização e horário de consumo). Em média, um ônibus na cidade do Rio de Janeiro percorre uma média de 7 mil km por mês. Desta forma, foi feita uma estimativa para os custos com combustível conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Estimativa de custo mensal com diesel e energia

Diesel		Eletricidade	
R\$	5.610,69	R\$	2.573,53

O valor estimado de manutenção para ambos os veículos não pôde ser estimado, visto que para os veículos a diesel, este custo é função do número de carros que a garagem possui (custos reduzidos com a escala) e no caso do veículo elétrico não foi necessário realizar manutenção devido ao curto período do teste.

Observa-se que considerando o custo do combustível, o veículo 100% elétrico apresenta-se mais vantajoso com relação ao ônibus convencional a diesel, economia de mais de 50%. Entretanto o custo para aquisição dos veículos elétricos ainda é superior ao convencional, o que ainda representa uma barreira para a introdução desta tecnologia em grande escala no Brasil.

Um fator importante a ser considerado é que o combustível fóssil emite poluentes locais devido a sua queima, o que não ocorre no ônibus elétrico, além do ruído ser menor. No entanto, as barreiras atuais para a introdução do ônibus são: preço para aquisição do veículo e das baterias que pode chegar a 3 vezes o valor de um ônibus convencional (a depender do chassis e carroceria), manutenção especializada e durabilidades baterias que ainda não estão bem definidos (tecnologia recente sem resultados de longo prazo), passivo das baterias após a depreciação total do veículo, tempo de abastecimento (longo comparado com o convencional), menor espaço interno que reduz a capacidade total de passageiros, restrições para linhas curtas (baixa autonomia) e com pouca declividade e adaptação da rede elétrica que ainda não esta preparada para a demanda de energia do carregamento das baterias.



## CONCLUSÃO

O teste com o ônibus elétrico permitiu a avaliação desta tecnologia em condições reais de operação.

Concluiu-se que há redução significativa das emissões de poluentes e ruído comparado a tecnologia convencional. Entretanto observou-se algumas barreiras para a utilização desta tecnologia em grande escala no Brasil quando comparada a tecnologia convencional tais como: valor superior para aquisição do veículo 100% elétrico, necessidade de manutenção especializada, limitação da operação em função do tempo requerido para carregamento, autonomia reduzida e condições de declive do local e incertezas quanto a vida útil e forma de disposição final das baterias.

Os resultados do teste mostraram que a tecnologia 100% elétrica apresenta-se como uma solução promissora para a redução das emissões de poluentes proveniente do transporte rodoviário de passageiros.

Considerando a viabilidade econômica, esta tecnologia pode se tornar bastante competitiva dentro de alguns anos, com o ganho de escala e o aprimoramento da tecnologia, e os custos adicionais podem ser absorvidos por mecanismos de financiamentos ou subsídios governamentais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brasil. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2013**: Ano base 2012 / Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro: EPE, 2013.