



OF. SMGO/DALE Nº **884** /2022

Belo Horizonte, 05/12 /2022

Assunto: Resposta ao **Requerimento de Comissão nº 495/2022** – Aatoria do Vereador Braulio Lara – encaminhado pelo ofício Dirleg nº 1.205/22, de 11/04/2022.

Senhora Presidente,

Reporto-me ao Requerimento de Comissão nº 495/2022, de autoria do Vereador Braulio Lara, que solicita informações sobre os testes realizados com o ônibus elétrico em Belo Horizonte.

Consultada, a Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte emitiu resposta por meio do Ofício BHTRANS-DPR/DALE Nº 670/2022, conforme cópia anexa.

Sendo o que se apresenta para o momento, subscrevo-me.

Atenciosamente,

Leonardo Amaral Castro

Secretário Municipal Adjunto de Governo
Subsecretário de Relações Institucionais

Excelentíssima Senhora
Presidente da Câmara Municipal
Vereadora Nely Aquino
CAPITAL

BHTRANS-DPR/DALE 670/2022

Belo Horizonte, 02 de dezembro de 2022

ASSUNTO: Requerimento de Comissão nº 495/2022, da Câmara Municipal de Belo Horizonte, vereador Braulio Lara

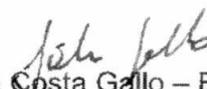
Referência: TAG 350473

Senhora Diretora,

Encaminhamos anexa a Informação Técnica BHTRANS/DTP/SUTP/GECOP nº 034/2022, em resposta ao Requerimento de Comissão nº 495/2022.

Colocamo-nos à disposição.

Atenciosamente,


Júlia Costa Gallo – BT90030
Presidente Substituta

Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte S/A – BHTRANS

Senhora
Luana Magalhães de Araújo Cunha
Diretoria de Acompanhamento Legislativo – DALE
Secretaria Municipal de Governo – SMGO

INFORMAÇÃO TÉCNICA BHTRANS/DTP/SUTP/GECOP N° 034/2022, DE 18 DE AGOSTO DE 2022

Assunto: Envio dos resultados dos testes com ônibus elétrico realizados em novembro de 2021.

Referência: Câmara Municipal de Belo Horizonte – CMBH – Ofício Externo GA n° 091/2022. Ticket BH Digital n° 31.00351228.1/2022-04.

1. Introdução

A presente Informação Técnica tem por objetivo responder à demanda de informações sobre os testes realizados com ônibus 100% elétrico movido a energia solar no sistema de transporte coletivo de Belo Horizonte.

2. Informação Técnica

Conforme consta do ofício em referência, o Ilmo. Vereador Gabriel solicita os resultados dos testes feitos com ônibus elétrico, referentes a desempenho, consumo, emissão de poluentes atmosféricos e emissão de ruídos, bem como informações sobre a viabilidade técnica e econômica da utilização do veículo.

A seguir são apresentados os principais resultados do monitoramento de um ônibus elétrico da marca BYD que operou em caráter de teste na cidade de Belo Horizonte entre os dias 12 de novembro e 7 de dezembro de 2021.

O objetivo do teste piloto foi avaliar a adequabilidade operacional desse tipo de veículo nos diversos tipos de serviços existentes, considerando inclusive a topografia local. O teste operacional envolveu o monitoramento conjunto de veículo referência movido a diesel, disponibilizado pela Viação Torres, com características semelhantes ao veículo elétrico cedido pela empresa BYD, em contrato de comodato.

Durante o teste, o veículo modelo K9A, 100% elétrico, operou em 4 linhas regulares do Sistema de Transporte Coletivo de Belo Horizonte, a saber: 9250 (perimetral); 5503A (semi expressa); 9105 (diametral); 815 (alimentadora).

O veículo possui uma capacidade nominal de armazenamento de energia nas baterias de 324 kWh e **autonomia estimada pelo fabricante de até 250 km**, de acordo com condições de uso, topografia, tráfego e velocidade.

As quatro linhas regulares do sistema em que o veículo operou têm características distintas. A linha perimetral **9250** – Caetano Furquim/Nova Cintra via Savassi – liga a Regional Leste à Regional Oeste sem passar pelo centro da cidade. O itinerário é um dos mais longos no transporte coletivo por ônibus de BH, com cerca de 29 quilômetros, cortando 14 localidades diferentes. A linha **9105** – Nova Vista/Sion – é classificada como

diametral, ou seja, conecta bairros de duas regionais administrativas distintas (Regional Leste e Centro-Sul), passando pelo centro de Belo Horizonte. Já a linha alimentadora **815** – Estação São Gabriel/Conjunto Paulo VI – interliga o bairro ao terminal de integração da Regional Nordeste. Por fim, a linha **5503A** – Goiânia A/Centro/Hospitais – tem característica semi-expressa, conectando um bairro distante à região central de BH. Seu trajeto é estruturado em dois importantes corredores de transporte do município: a Avenida José Candido da Silveira e a Avenida Cristiano Machado.

Operação

Ao longo dos 18 dias de operação foram realizadas 109 viagens, nas 4 linhas diferentes, totalizando 2.495 km rodados que consideram tanto a quilometragem produtiva (viagens com transporte de passageiros), quanto a improdutiva (ocorre sem o transporte de passageiros entre as garagens das empresas operadoras ou terminais/estações e os pontos iniciais/finais das linhas de ônibus).

As informações da Tabela 1 correspondem aos dados de quilometragem produtiva extraídos do Mapa de Controle Operacional (MCO) do veículo-teste no período de operação.

Tabela 1 Dados de Quilometragem Produtiva do veículo elétrico

Linha	PEDs	Sentido	Dias de operação	Nº de viagens	Km total	Percurso médio (km)	Vel. média (km/h)
Linha 9250 (Caetano Furquim – Nova Cintra)	100	IDA	7	12	353,47	29,46	18,95
	97	VOLTA		15	423,71	28,25	13,02
Linha 5503A (Goiânia A)	60	IDA-VOLTA	4	24	617,75	25,74	12,99
Linha 9105 (Nova Vista – Sion)	49	IDA	5	23	330,30	14,36	16,22
	46	VOLTA		14	184,03	13,14	15,95
Linha 815 (Estação Gabriel – Conjunto Paulo VI)	60	IDA-VOLTA	2	12	270,17	22,51	18,51

Em relação ao desempenho do veículo, há de se considerar variáveis como topografia, temperatura ambiente e forma de operação (motorista), dentre outros condicionantes.

Relevo

Grande parte das vias da cidade de Belo Horizonte apresenta aclividade / declividade acentuadas, o que caracteriza a topografia da região. Diante disso, analisou-se as declividades / aclividades mínimas e máximas das linhas em que o veículo teste operou, utilizando a ferramenta de detalhamento do perfil de elevação do software Google Earth Pro. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Inclinação Percentual de Aclives e Declives

Linha	Aclive máximo (%)	Declive mínimo (%)
9250	18,8 %	- 19,2 %
5503A	27,1 %	- 24,3 %
9105	20,0 %	- 32,0 %
815	25,1 %	- 22,9 %

Nota-se que a linha cujo traçado apresenta maior ganho de altura é a 9250, porém, a linha 5503A possui aclives mais acentuados, informação corroborada por intercorrência observada durante o período de testes do veículo na Linha 5503A: em um momento de conversão (ou seja, em baixa velocidade) em horário de pico com passageiros a bordo, o veículo não conseguiu vencer um aclive de aproximadamente 25% de inclinação.

Condições climáticas

De acordo com a temperatura ideal para a operação de ônibus elétricos, considerada em torno de 21°C¹, o período de testes apresentou condições favoráveis de operação, com a média das temperaturas máximas e mínimas reportadas para cada dia variando entre 17°C e 23°C. Dados meteorológicos foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET para o período de operação veículo-teste.

Consumo energético por viagem

O consumo de energia representa a quantidade de energia necessária para que o veículo percorra um quilômetro e é um importante fator para a avaliação do desempenho do veículo, afetando diretamente o custo da operação. São diversos os fatores que podem causar variações no consumo, entre eles: uso de ar-condicionado, ventilação ou aquecimento, características da rota como velocidade média/máxima e topografia, comportamento durante a condução com correta utilização do sistema de frenagem regenerativa, quantidade de passageiros transportados, entre outros.

O consumo mínimo e máximo de energia identificado em uma viagem foi de respectivamente **0,49** e **2,91 kWh/km** e o consumo médio considerando todas as viagens (inclusive as viagens improdutivas de saída ou retorno à garagem) foi de **1,73 kWh/km**. A linha que apresentou menor consumo médio de energia foi a 815.

Comportamento do Motorista

Outra variável que pode afetar o consumo é o comportamento do motorista durante a condução. Diretamente ligado a critérios de eficiência, a condução adequada e a correta utilização do sistema de frenagem regenerativa podem gerar ganhos de até 14% na eficiência energética e até mesmo prolongar a vida útil da bateria.

Os condutores identificados obtiveram médias de consumo bem semelhantes, o que indica a existência de treinamento por parte da empresa operadora.

Uso do Ar Condicionado

Por fim, relacionando o uso do ar-condicionado, fator que também influencia no aumento do consumo energético do veículo, obteve-se:

- Consumo médio com ar-condicionado ligado: 1,69 kWh/km
- Consumo médio com ar-condicionado desligado: 1,23 kWh/km

Cabe ressaltar que o ar-condicionado permaneceu ligado em 93% das viagens realizadas, e quando esteve desligado, em sua maioria (cerca de 74%), tratava-se de viagens improdutivas. Portanto, uma avaliação dos valores de consumo baseados neste teste piloto pode não representar a realidade.

Autonomia

Em geral, os fabricantes informam uma autonomia média baseada em ensaios de laboratório, ou que consideram uma condição de operação ideal. Porém, como a autonomia está diretamente ligada ao consumo, cujas condições da operação local (características da linha, direção do motorista, entre outros) têm forte influência, é importante realizar testes em campo, como este piloto, para avaliar se o veículo atinge a autonomia esperada.

Tomando como base o consumo médio de todas as viagens realizadas, e ainda adotando um percentual de 20% de reserva técnica da bateria, conclui-se que **o veículo apresentou uma autonomia de 149,45 km**, nas condições do piloto, ou seja, com número de viagens reduzidos frente a operação real diária de cada linha.

Emissão de Ruídos

A análise comparativa entre o ruído do ônibus elétrico e o ruído dos ônibus a diesel (3 modelos diesel foram utilizados) compreendeu duas questões: a exposição ao ruído por passageiros, motoristas e cobradores; e a exposição ao ruído por munícipes nas edificações, calçadas e nos pontos de ônibus. Na primeira análise se comparou os níveis sonoros decorrentes das condições de passagem dos ônibus em vias planas, aclives e declives. Na segunda análise se investigou e comparou os ruídos em diferentes posições no interior do ônibus.

Há uma grande diferença de percepção, estando nas calçadas, entre os ruídos dos ônibus a diesel e do ônibus elétrico. Esta diferença de percepção é ainda maior para a condição de arrancada em aclive, e menor para a condição de frenagem em declive.

Observou-se também que o ônibus elétrico foi o que apresentou o menor tempo de passagem entre dois eixos imaginários, durante a arrancada em aclive, reduzindo assim o tempo de exposição sonora das pessoas que estão nas calçadas e pontos de ônibus durante essa manobra.

Para a situação de frenagem em declive foi também perceptível um menor ruído de pastilhas de freio do ônibus elétrico. A redução deste ruído, devido as suas características espectrais, que causam maior incômodo sonoro, também apresenta vantagem a favor do ônibus elétrico.

Internamente, os níveis sonoros são menores no ônibus elétrico, para as posições de motorista e cobrador, que estão à frente do ônibus, bem como para os passageiros em qualquer posição.

O ônibus elétrico traz maior conforto e proteção à saúde de seus ocupantes. Porém, os ruídos da cortina de vento, existentes junto às portas, e do sistema de ar-condicionado, ao centro do ônibus, se mostraram igualmente ruidosos nos dois tipos de motorização, cabendo recomendar ações para redução do ruído desses dois equipamentos, principalmente para o seu uso no ônibus elétrico.

Assim, em análise global, se observa vantajoso o uso de ônibus elétrico em oposição aos ônibus a diesel. Porém, há necessidade de melhoria para redução dos ruídos do ar-condicionado e das cortinas de vento, assegurando uma maior proteção à saúde dos ocupantes dos ônibus e à população de Belo Horizonte.

Emissão de Poluentes Atmosféricos

É indiscutível a vantagem do ônibus elétrico em relação ao ônibus movido a combustível fóssil, em termos de emissão de poluentes atmosféricos, já que o projeto envolveu o teste de ônibus 100% elétrico, com uso de fonte renovável (energia fotovoltaica).

3. Conclusão

De forma geral, o teste do ônibus 100% elétrico em Belo Horizonte foi exitoso, sobretudo no quesito inovação tecnológica. Contudo, a autonomia, bem inferior à prevista pelo fabricante e a limitação do veículo para vencer aclive acentuado em horário de pico se mostram fatores preocupantes, levando-se em consideração, principalmente, a característica topográfica predominante do município de Belo Horizonte.

Cabe destacar que a duração do teste foi muito curta e pouco representativa, considerando o tamanho da frota e a diversidade operacional do transporte coletivo na cidade. O teste se mostrou insuficiente para subsidiar uma análise técnica e principalmente econômica de forma mais acurada.

As ações relacionadas à troca dos veículos por outros menos poluentes, movidos a combustíveis não fósseis, possuem alto potencial de redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e de ruídos, implicando, no entanto, em um alto custo, devido ao valor inicial de aquisição de veículos, em função, sobretudo, do preço da bateria, barreira ainda não superada, e da menor disponibilidade da frota, se levado em consideração o tempo de recarga.

Assim, antes de qualquer ação que vise à substituição de matriz energética da frota em grande escala, no caso do diesel para a eletricidade, faz-se prudente ampliar os testes, com a utilização de quantidade maior de veículos e por mais tempo. A realização de testes piloto ainda é a melhor forma de se conhecer novas tecnologias que envolvam elevado custo e complexidade operacional.

Estas são as informações técnicas disponíveis.

Rodrigo Pimenta
da Silva - BT01252

Assinado de forma digital por
Rodrigo Pimenta da Silva -
BT01252
Dados: 2022.08.19 01:24:05 -03'00'

Rodrigo Pimenta da Silva – BT01252
Gerente de Controle de Permissões – GECOP
Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte S/A – BHTRANS

