

# **SISTEMA DE TRANSPORTE ELETRIFICADO, BASEADO EM VEÍCULOS TIPO TRÓLEBUS (BRT's) QUE DISPENSAM A REDE AÉREA.**

## **SUMÁRIO**

Nesta apresentação discute-se um novo sistema de transporte eletrificado (poluição zero) baseado em veículos tipo Trólebus, que dispensam a rede aérea de alimentação.

Compara-se o sistema à VLT com o sistema proposto, concluindo-se que este é claramente superior ao tipo à VLT, especificamente no caso do Brasil.

Faz-se uma estimativa do custo de cada veículo bem como do custo da implantação de um corredor de transporte, concluindo-se que é a melhor alternativa técnico-econômica para cidades de médio porte ou para linhas de média densidade de passageiros (até cerca de 20.000 passageiros por hora e por sentido).

### **I.) Introdução**

Nas grandes e médias cidades tornou-se praticamente consenso a necessidade de se adotar sistemas de transporte de massa não poluentes.

Isto implica necessariamente no uso de veículos movidos a energia elétrica.

Os sistemas atualmente adotados – ônibus a diesel – tornam-se extremamente inconvenientes se visam transportar um grande número de passageiros em vias preferenciais (corredores), pois as transformam em verdadeiros “corredores de poluição” e não somente em corredores de transporte.

Conseqüentemente, o uso de veículos com tração elétrica (Poluição zero) torna-se uma necessidade premente.

Três são os tipos de veículos que podem satisfazer esta exigência:

- a) O Metrô
- b) Veículos leves sobre trilhos (VLT)
- c) BRT (Bus Rapid Transit) elétricos.

O Metrô é muito eficiente no transporte de um grande número de passageiros e vem provando esta eficiência em um grande número de cidades de diversos países.

Entretanto, o custo de implantação por quilometro de tal modal é muitíssimo elevado, atingindo a ordem de US\$ 100.000.000,00 (cem milhões de dólares) por quilometro, ou seja, US\$ 100.000,00 por metro!!! Exige, necessariamente, um grande número de obras civis, incluindo a escavação de túneis, a construção de estações de embarque

subterrâneas, a colocação de trilhos e rede de alimentação elétrica ao longo do percurso, subestações retificadoras, sistemas de drenagem elaborados, sistemas de ventilação ao longo da via e sistema de controle operacional sofisticado, sem mencionar o alto custo de cada veículo (trem).

Entretanto, para atingir áreas já densamente construídas, não há outra possibilidade senão o deslocamento no subsolo através de túneis, levando ao Metrô.

Em cidades de porte médio, onde é possível construir ou adaptar corredores de trânsito na superfície, a solução por VLT ou BRT é muitíssimo mais econômica.

Tem implantação mais rápida e resolve a contento a necessidade de transporte.

O custo por quilometro chega a ser mais de cem vezes inferior ao custo de implantação de uma linha de Metrô

## II.) **Comparação entre um corredor com VLT e um corredor tipo BRT eletrificado (Trolleybuses)**

À primeira vista, ambos os sistemas são equivalentes, pois tem as seguintes características:

- a) Ambos os veículos são à Tração Elétrica, ou seja, não são poluentes;
- b) Ambos necessitam de um corredor exclusivo para que sejam eficientes e não disputem preferência com o trânsito local;
- c) Ambos necessitam de uma rede aérea para a alimentação elétrica dos veículos

**Nota: Esta afirmativa é válida para os sistemas tradicionais. Os recentes progressos na tecnologia permitem a utilização de veículos mais avançados o que poderá eliminar a rede aérea convencional.**

**No item (4) discutiremos esta possibilidade.**

- d) Ambos possuem aproximadamente a mesma capacidade de transporte de passageiros.

Em VLT's, pode-se acoplar duas ou mais unidades individuais de 100 passageiros cada formando um comboio de dois ou três vagões capaz de transportar até 300 passageiros.

Usando-se veículos tipo Trólebus, pode-se optar por veículos simples com capacidade para aproximadamente 100 passageiros, Veículos articulados para 170 passageiros e até veículos bi-articulados para 300 passageiros.

Se admitirmos uma freqüência de um veículo (ou comboio) por minuto, em cada sentido, pode-se atingir facilmente uma capacidade de transporte de 15.000 passageiros por hora por sentido.

Notar que este número é conservador. Valores de até 20.000 passageiros/hora não são difíceis de atingir, desde que também se

implante um controle de tráfego adequado no corredor.  
Notar também que, para atingir as densidades de transporte citadas, é necessário (em ambos os casos) que:

- O corredor seja exclusivo, ou seja, não afetado pelo tráfego local;
- O pagamento do bilhete de viagem seja feito antes do embarque, em cada estação de passageiros, de modo que se reduza ao mínimo o tempo de embarque/desembarque.

Notar ainda que estes dois requisitos são satisfeitos no sistema Metrô, e isto explica sua grande eficiência e não alguma característica exclusiva ou especial deste modal.  
Dito isto, ou seja, citadas as semelhanças existentes na utilização de VLT's ou BRT's (Trólebus) é necessário apontar também as diferenças entre ambas as soluções.

Quando isto é feito, a balança pende claramente para a alternativa BRT, especialmente no caso do Brasil, como se verá a seguir.

### III.)Diferenças entre o Transporte por VLT's e por BRT's (Trólebus)

a) O VLT exige a instalação de trilhos, operação cara e que tumultua a via a ser modificada.  
Como o BRT roda sobre pneus, a via rodante é convencional, ou seja, o corredor poderá ser **facilmente adaptado a um custo baixíssimo**, em alguns casos com a simples segregação do corredor por blocos separadores.

b) O VLT é um veículo mais pesado.  
O "Truck" é pesado e no momento não existem empresas nacionais que fabriquem este componente.  
Por outro lado, há um grande número de empresas nacionais que fabricam "chassi" de ônibus, de excelente qualidade, com suspensão a ar e perfeitamente adequados para o uso em BRT's.

c) O Trólebus (mesmo o convencional) tem mais flexibilidade do que um VLT. Pode-se facilmente contornar um obstáculo no corredor enquanto o VLT é inapelavelmente vinculado aos trilhos.  
Se um veículo apresentar qualquer problema no corredor, o VLT é incapaz de contorná-lo, enquanto o Trólebus facilmente realiza esta operação.  
Se, além disto, o veículo tipo Trólebus for projetado com alguma autonomia, poderá inclusive desvincular-se da rede aérea e evitar o trecho com problema, enquanto para o VLT esta manobra é impossível.

d) O BRT permite a construção de viadutos (se necessário) mais curtos, e, portanto, mais econômicos, pois a tração pneu x asfalto possibilita rampas de subida e descida mais íngremes ( de 12% ou

15% ), enquanto a fricção aço x aço entre a roda e o trilho de um VLT limita estas rampas a cerca de 4%, para evitar deslizamentos. Isto resulta em viadutos mais longos.

e) Sendo sobre pneus, o BRT é mais silencioso do que um VLT.

f) Devido ao grande número de ônibus projetados e fornecidos no país, o custo de um Trólebus, com a mesma capacidade de um VLT é muito mais barato do que o correspondente VLT.

g) A garagem de Trólebus é muito mais simples do que sua correspondente para VLT's. Estas exigem cruzamentos de trilhos e de seções da rede aérea, com chaves de transferências nos cruzamentos.

Por sua vez, a garagem de Trólebus pode ser muito mais simples, basicamente a mesma usada para ônibus a diesel, desde que os veículos sejam dotados de (pequena) autonomia, o que permitirá dispensar a rede aérea interna.

h) Finalmente, e de grande importância, existem fabricantes de ônibus e Trólebus nacionais, que fabricam excelentes veículos testados e aprovados em operação comercial pesada , tanto no Brasil como no exterior, enquanto os VLT's serão necessariamente fornecidos por empresas estrangeiras, trazendo projetos do exterior e carreando recursos e mão de obra para fora do país.

A Europa tem como tradição o uso de veículos urbanos sobre trilhos. Ao contrário, a tradição e a experiência do Brasil é com veículos sobre pneus.

Devemos usá-la, pois daí advêm uma importante vantagem competitiva e a possibilidade de um grande desenvolvimento no setor de veículos elétricos para o transporte de massa.

#### IV.) **Sistema de Transporte por BRT's (Trolebus) com a ELIMINAÇÃO da Rede Aérea**

Uma das maiores críticas feitas ao sistema de transporte baseado em Trólebus é a necessidade da existência da rede aérea. Embora a mesmíssima limitação ocorra com os VLT's, curiosamente não se ouve ou lê o mesmo tipo de crítica.

As críticas, até certo ponto são procedentes (notar que mesmo o Metrô exige sua "rede aérea" que, entretanto, é dissimulada nas laterais da via, constituindo o denominado "3º trilho", e para nova linha (linha 4 – amarela) é usada a "catenária aérea".

Argumenta-se que a rede aérea não é estética e que está sujeita às intempéries, podendo, portanto, ser danificada com relativa facilidade. Ambas as alegações são apenas parcialmente verdadeiras e podem ser minimizadas com um projeto correto utilizando:

\* Postes esteticamente e funcionalmente aceitáveis.

\* Alimentação elétrica da rede por trechos curtos com pequenas subestações ao longo da via, e não por poucas e grandes subestações que, caso falhem, iriam tirar de serviço longos trechos do percurso.

Com a alimentação por seções e a inclusão de um sistema de tração capaz de conferir uma autonomia limitada (ex: por 2 ou 3 quilômetros ) aos veículos, a limitação citada simplesmente desaparece pois os veículos poderão continuar seu percurso de forma autônoma, até uma nova seção da rede que não tenha sido afetada.

Notar que esta solução simplesmente não existe para os VLT's que continuariam limitados aos trilhos.

Entretanto, a melhor solução seria evidentemente a eliminação total da rede aérea.

Até poucos anos atrás, esta solução era tecnicamente inviável.

Não existiam (e ainda não existem) baterias com a capacidade de acumulação de energia que permitisse a um Trólebus percorrer um trajeto completo antes de nova recarga, e muito menos, que o mantivesse em operação durante as doze ou quatorze horas de operação diária.

Recentemente, todavia, foram desenvolvidos novos componentes, os “Super Capacitores” que possibilitam tal operação, desde que em percursos dedicados (corredores).

## V.) Descrição do Sistema

Os “Super Capacitores” (SC),(ou Ultra-Capacitores – UC) são componentes capazes de acumular uma quantidade razoável de energia elétrica.

Distinguem-se das baterias eletroquímicas tradicionais principalmente pela sua alta capacidade de carga e descarga.

Ainda que não sejam capazes de armazenar a mesma quantidade de energia possibilitada pelas melhores baterias do mercado, podem ser carregados (e descarregados) de maneira muito rápida (minutos), ao contrário das baterias cuja vida é extremamente afetada por cargas (ou descargas) rápidas (medidas em horas).

Estas características dos “super-capacitores” permitem eliminar a rede aérea dos BRT's (Trólebus), adotando-se o seguinte procedimento.

Suponhamos, por exemplo, que as estações de embarque/desembarque estejam afastadas de 1 quilometro (ou outro valor qualquer).

Cada Trólebus conteria um banco de “super-capacitores” (S-C) associado ou não a um pequeno banco de baterias tracionarias.

Cada estação de embarque/desembarque seria munida de uma pequena subestação retificadora, alimentada pela rede trifásica tradicional. (ver dados anexos).

O veículo iniciaria seu percurso com o banco de S-C devidamente carregados.

Ao deslocar-se da 1ª estação para a próxima, estes bancos seriam

parcialmente descarregados, a medida que o veículo se movimentasse. A energia inicial contida nos bancos de capacitores (e baterias) seria suficiente para o movimento entre duas (ou mais) estações de passageiros adjacentes.

Ao atingir a próxima estação de embarque e parar para o embarque/desembarque de passageiros, o sistema de tração do veículo faria contato elétrico com um banco de S-C da subestação que foi previamente carregado durante o “tempo morto” entre a parada de dois veículos.

A carga dos S-C da estação seria rapidamente transferida para os S-C do veículo, e daí para o sistema de tração e para os motores elétricos, conforme seja necessário para o deslocamento do veículo.

Esta operação seria repetida em cada estação de passageiros, permitindo ao veículo deslocar-se indefinidamente pelo corredor.

Nos cálculos preliminares que embasam esta descrição, admitimos que cada recarga dos S-C do veículo leve 30 segundos, e que a frequência do corredor seja de um (01) veículo por minuto.

## VI.) RESULTADOS

Os resultados são muito animadores:

- A potência das mini-subestações seria de aproximadamente 150 KW;
- Sua alimentação seria por um sistema tradicionaltrifásico de 440V-CA, o que é muito atrativo para as concessionárias de energia elétrica;
- O custo estimado de cada mini-subestação seria de aproximadamente R\$150.000,00;
- A rede aérea seria completamente eliminada. Somente isto permitiria uma economia de R\$ 1.500.000,00 por quilometro, sem contar os custos de manutenção da mesma ao longo dos anos;
- Os veículos seriam autônomos e por distancias curtas (1,5 quilometro), poderiam se deslocar por fora do corredor se alguma emergência assim o exigisse;
- As garagens seriam absolutamente tradicionais, sendo possível utilizar garagens já existentes, de ônibus à diesel, sem nenhuma alteração;
- Finalmente, teríamos um sistema com emissão zero de poluentes, altamente eficiente do ponto de vista energético (a eficiência energética de um veículo Trólebus é da ordem de 90%, em contraposição à de um veículo à diesel, que não atinge 30%);
- A engenharia e as empresas nacionais fabricantes de ônibus seriam muito beneficiadas com um programa desta natureza, podendo se transformar em exportadoras desta tecnologia e dos veículos a ela associados.

## VII ) CONCLUSÃO

Um veículo protótipo, bem como uma Estação de Recarga, estão em fase final de construção, dentro de um programa de P&D da ELEKTRO – ANEEL. Ainda em 2012 este veículo estará em testes de via.

Antonio Vicente A. de Souza e Silva- Diretor Técnico - ABVE