

CONCLUSÕES

- O trólebus é uma tecnologia consagrada com custos e vantagens comparativas, medidos em R\$/km e custo do ciclo de vida em relação aos outros tipos de tração, tanto no que se refere à economia no consumo de energia devido ao uso da regeneração de frenagem como também pelo aumento da vida útil dos veículos e redução dos custos de manutenção;

- Existem vários fabricantes nacionais que avançaram no desenvolvimento de modernos veículos elétricos e trólebus utilizando as novas tecnologias que lhes conferem autonomia crescente em relação às redes aéreas de alimentação, os quais estarão disponíveis no mercado em breve espaço de tempo;

- Os equipamentos auxiliares tais como baterias, ar-condicionado, sistema de recarga, controles eletrônicos, indispensáveis ao funcionamento adequado dos ônibus movidos à eletricidade, vem acompanhando o desenvol-

vimento tecnológico oferecendo ao mercado novas tecnologias mais condizentes com essa evolução dos veículos;

- O trólebus é vantajoso também pelos benefícios indiretos que apresenta, tais como: ausência de poluição, menor ruído, maior durabilidade, maior conforto e segurança dos passageiros, contribuindo para uma melhoria da expectativa de vida da população;

- Os operadores dos corredores exclusivos existentes em São Paulo não só têm a incumbência de cuidar da frota, mas mantêm e operam terminais de ônibus, sinalização semafórica, bilhetagem, rede aérea de trólebus, pavimento e paisagismo, entre outros, além de utilizar sistemas de reúso de água e coleta seletiva de lixo. Dessa maneira, o operador passa a ser um gerenciador de sistema de ônibus integrado e, portanto, transforma esse tipo de negócio em atividade socialmente responsável e em grande gerador de empregos.

RECOMENDAÇÕES DO INSTITUTO DE ENGENHARIA

- Em função das restrições ambientais cada vez mais rigorosas e da idade média atual dos veículos em São Paulo, é necessário que se substitua a frota de ônibus existente, predominantemente a óleo diesel, por sistemas de tração mais eficazes e menos poluentes. Nesse contexto, o trólebus se insere com grande vantagem.

- Vale ressaltar que, de acordo com o cenário do transporte público no Brasil, o município de São Paulo possui uma Lei Municipal de Mudanças Climáticas, que tem como ordem a substituição de ônibus a diesel por veículos verdes.

- Uma política de transportes, coerente com a Lei das Mudanças Climáticas no tocante a emissões, eficiência energética e custos, deveria prever a renovação da frota urbana até 2023 com a introdução de pelo menos 9.300 veículos, dos quais 35% seriam híbridos, 50% elétricos e apenas 15% a diesel com uso obrigatório de combustível de qualidade adequada e pequeno teor de enxofre.

- Em termos de tecnologia, recomenda-se que sejam utilizados os novos desenvolvimentos com o uso de ultracapacitores e baterias modernas, eventualmente de íons de lítio, para assegurar autonomia, ainda que parcial, dos veículos em relação às redes de alimentação elétrica;

- Os órgãos de fomento, especialmente o BNDES, possuem mecanismos de financiamento dos veículos elétricos que podem ser aperfeiçoados e utilizados pelas concessionárias das novas licitações da Prefeitura e do Estado para o transporte urbano de qualidade, conforme as reivindicações dos usuários, uma vez que eles contribuem para a melhoria dos aspectos ambientais do planeta, apresentam vantagens econômicas e podem contribuir de forma significativa para um aumento da eficiência do sistema de mobilidade urbana da cidade e do nível de desenvolvimento humano de seus habitantes.

EXPEDIENTE

Relatório de conclusões e recomendações do 2º Seminário de Trólebus é uma publicação do Instituto de Engenharia
Av. Dr. Dante Pazzanese, 120 – Vila Mariana
04012-180 – São Paulo-SP
www.iengenharia.org.br
secretaria@iengenharia.org.br
(11) 3466-9200

Produção: Assessoria de Comunicação do Instituto de Engenharia

Redação: Miracyr Assis Marcatto e Roberto Bartolomeu Berkes

Revisão: Fernanda Nagatomi e Isabel Dianin

Capa: André Siqueira

Projeto Gráfico: Via Papel Estúdio

Coordenação Geral e Técnica: Roberto Bartolomeu Berkes

APOIO:

CREA-SP

REALIZAÇÃO:

INSTITUTO DE ENGENHARIA
1916

Av. Dr. Dante Pazzanese, 120 – Vila Mariana
04012-180 – São Paulo – SP
iengenharia.org.br
secretaria@iengenharia.org.br
(11) 3466-9200



2º SEMINÁRIO DE TRÓLEBUS



Relatório de Conclusões e Recomendações

Setembro de 2013

APRESENTAÇÃO

A urbanização crescente da população mundial criou nas grandes cidades, como São Paulo, novas demandas de mobilidade urbana, supridas em parte pelo transporte individual que congestiona o trânsito e, parcialmente, por transporte coletivo de superfície alimentados na maioria pelo petróleo e derivados, juntamente com o transporte rodoviário, por cerca de 40% dos poluentes, que afetam a saúde das pessoas e pela emissão dos gases de efeito estufa que causam o aquecimento global do planeta.

As soluções para maior eficiência e fluidez do trânsito nas grandes metrópoles passam pela integração dos modais de alta capacidade e custo, como metrô e ferrovia, com uma adequada rede de média capacidade (ônibus diesel, elétrico e VLT etc.) na medida em que se tornarem aptos para atrair e satisfazer as necessidades do usuário do transporte individual, cujos inconvenientes são sobejamente conhecidos.

No Brasil, o uso da tração elétrica no transporte urbano teve início com a implantação dos primeiros sistemas públicos de trólebus em São Paulo (1949) e diversas cidades do interior, seguindo-se Niterói, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Salvador, Recife, Fortaleza e Porto Alegre, os quais, salvo São Paulo, foram paulatinamente desativados na década de 1970 devido aos incentivos à nascente indústria automobilística nacional, pressões políticas e empresariais, falta de manutenção das redes aéreas e dos próprios veículos, incapacidade administrativa das empresas concessionárias, deficiência dos sistemas de abastecimento elétrico das distribuidoras de energia e problemas afins.

As pressões de demanda, a busca de eficiência energética, o conforto, a saúde, a proteção ao meio ambiente e os avanços tecnológicos têm propiciado o renascimento do trólebus como modal preferencial de transporte urbano das grandes e médias metrópoles em todo o mundo e foi objeto do 2º Seminário sobre o tema promovido pelo Instituto de Engenharia, cujo resumo e recomendações são dados a seguir. As apresentações completas estão disponíveis no site do Instituto de Engenharia www.iengenharia.org.br.

RESUMO DAS PALESTRAS

1º Painel - Planejamento, Qualidade do Transporte e Benefícios da Tração Elétrica
Moderador: Miracyr Assis Marcato – (Diretor do Departamento de Energia e Telecomunicações do Instituto de Engenharia)

Apresentação 1 – Mobilidade Sustentável – Adalberto Maluf – (Diretor da Rede C40 - Climate Leadership Group)
Foram expostos os resultados de um programa de testes de veículos para o transporte urbano em diferentes cidades latinoamericanas envolvendo distintas tecnologias e 16 ônibus-teste (diesel, híbridos, trólebus e elétrico à bateria) em que foram avaliados os seguintes parâmetros:

- Emissão de poluentes em SP:** significativa redução (+50%) de CO₂, CO, NOx e particulados nos híbridos em relação ao diesel. Zero de poluição (100% de redução) nos ônibus elétricos.
- Teste piloto com diesel de cana:** o híbrido paralelo apresentou um rendimento de 2,68 km/litro contra 1,37 km/l do diesel de 18m.
- Eficiência energética** das diferentes tecnologias (motores a combustão e elétricos tanto com baterias quanto com rede aérea - trólebus). Conclusões iniciais:

- O aumento da velocidade com a eliminação de obstáculos, além do uso de pista segregada (corredores), gera substancial redução no consumo e nas emissões dos gases do efeito estufa (GEE)
- Existe sensível redução de consumo (até 20%) em função da forma de dirigir dos motoristas (treinamento)

- Grande economia de combustível/energia com uso da eletricidade em lugar do diesel: híbridos entre 31% e 39% em percursos planos; trólebus redução de 56% no consumo energético e ônibus elétricos à bateria até 77%

- Eficiência energética padronizada por passageiro: diesel de 1,165 a 1,445 (articulado); híbrido de 1,352 a 2,215; trólebus de 1,893 a 2,794.

• **Viabilidade econômica** das tecnologias e ciclo de vida total: foram calculados os valores presentes líquidos para três cidades (Bogotá, Rio de Janeiro e São Paulo) nas três opções: ônibus diesel, híbridos e elétricos com conclusões similares. 1) os trólebus apresentam um custo atual do ciclo de vida 30% menor que o diesel. 2) mesmo com custo de manutenção 20% maior os híbridos são mais convenientes que os ônibus a diesel. Valor presente do ciclo de vida de cada veículo novo para São Paulo em US\$ milhares: diesel=1.367; híbridos entre 1.321 e 1.242; elétricos=1.018.

Apresentação 2 – Análise Comparativa – Trólebus x Diesel – Márcio Maia Vilela – (Doutor em Energia pelo IEE-USP e Mestre em Física Nuclear pelo IFUSP)

Os transportes são responsáveis por cerca de 60% das emissões globais. Por outro lado, o Brasil, embora tenha uma matriz elétrica eminentemente limpa (hídrica e renovável >90%), sua matriz energética apresenta uma dependência do petróleo maior que a maioria dos países (inclusive EUA e Europa) dada a concentração no transporte rodoviário, justificando aqui uma maior utilização da eletricidade.

Comparação 1) Consumo – ônibus diesel = 5,21 kWh/km; trólebus = 2 kWh/km; 2) Emissões - diesel = 2 kg CO₂/km; trólebus = 0,3 kg/km, mesmo contando com a presença de usinas térmicas na matriz.

Apresentação 3 – Benefícios da Tração Elétrica – Antônio Vicente Albuquerque de Souza e Silva – (diretor Técnico da ABVE – Associação Brasileira de Veículos Elétricos e diretor da Manvel – Veículos Elétricos)

Vantagens comparativas de diversos modais de transporte urbano incluindo inovações tecnológicas disponíveis, adequação aos fluxos, custos de investimento e operacionais, conveniência e conforto para os passageiros, com dados das cidades de São Paulo (SP), São Bernardo do Campo (SP) e Wellington (Nova Zelândia).

Modal	Capacidade Passag./hora	Custo veíc. US\$/unidade	Invest. total US\$/M/car/km	C.Operac. Mês/carro	Emissões/Conforto
Metrô	30.000	Muito alto	100.000	n.d.	Zero/bom
VLT	9.600	950.000	3.137	6.982	Zero/bom
Trólebus	9.600	590.000	2.465	6.497	Zero/bom
Híbridos	9.600	650.000	650	7.991	Baixa/médio
Diesel	9.600	450.000	450	9.992	Alta/baixo
Trólebus c/ U/Capacitores	9.600	650.000	750	5.477	Zero/bom

Resultados

- Superioridade inegável do transporte urbano eletrificado de média capacidade sobre os ônibus a combustão interna com exceção do investimento inicial no veículo
- Vantagem do trólebus sobre o VLT em investimento inicial e custo operacional já que ambos necessitam de rede aérea e corredores exclusivos, mas tanto o VLT como o metrô estão confi-

nados aos trilhos enquanto que o trólebus tem possibilidade de manobras laterais;

• Além disso, as novas tecnologias de ultracapacitores permitem eliminar as críticas referentes à poluição visual das redes aéreas, falhas referentes descarrilamento das alavancas de contato possibilitando percursos autônomos fora das redes de alimentação.

Apresentação 4 – Experiências Mundiais com Trólebus – Eleonora Pazos – (coordenadora da Divisão América Latina da União Internacional de Transportes Públicos – UITP)

O grupo de trólebus da UITP reúne 301 empresas com 27.814 veículos elétricos em todo o mundo e possui em andamento sete projetos como estratégia de desenvolvimento sustentável e qualidade de vida nas cidades. Estão em estudo os casos atuais na Europa de: Schaffhausen e Zurique, na Suíça; Castellon, na Espanha; Roma e várias cidades na Itália; volta do trólebus à Oxford Street, em Londres.

2º Painel – Tecnologias
Moderador: Roberto Bartolomeu Berkes – (coordenador Técnico do evento e diretor Financeiro do Instituto de Engenharia)

Apresentação 1 – Elektro bus – Fúlvio Andrade Gerente – (executivo de Mercado e Suprimento de Energia da Elektro)

A Elektro bus desenvolveu um protótipo de ônibus com sistema de propulsão totalmente elétrico e um protótipo de uma estação de recarga de energia elétrica, ambos utilizando a tecnologia de ultracapacitores que dispensam a necessidade de uma rede de energia elétrica dedicada como a existente na Região Metropolitana de São Paulo. O protótipo desenvolvido poderá funcionar em três modalidades:

- Elétrico com alimentação pela estação de recarga com ultracapacitores;
- Elétrico alimentado pela rede aérea atual do trólebus;
- Elétrico alimentado pelo gerador nas situações de falta de energia elétrica na rede.

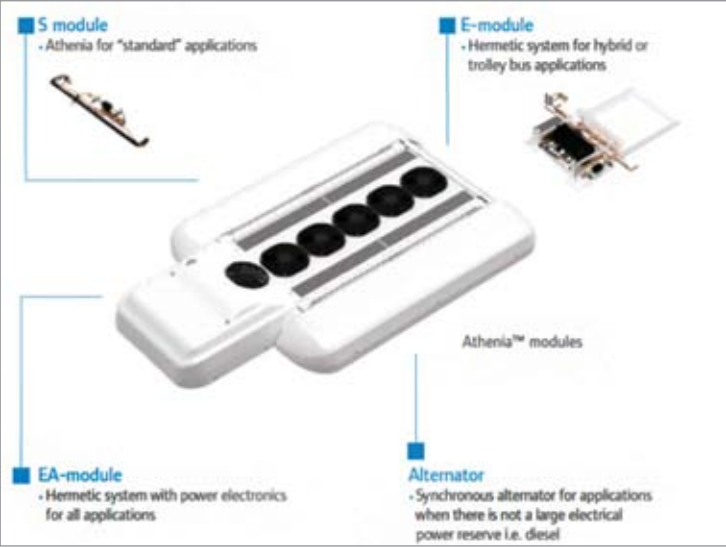
Para possibilitar esse desenvolvimento foi buscado o conhecimento sobre a nova tecnologia de ultracapacitores aplicada a sistemas de tração elétrica e em estações de recarga rápida, mapeamento e análise do impacto da tecnologia na rede de energia elétrica da distribuidora em termos de proteção, qualidade de fornecimento e confiabilidade, assim como a análise do impacto dessa tecnologia na projeção do mercado de energia elétrica.

Apresentação 2 – Eletra – Ieda Maria Alves de Oliveira – (gerente Comercial)

O novo e-bus desenvolvido no Brasil pela Eletra/Mitsubishi/Mercedes/Weg é equipado com banco de baterias de alto rendimento que permitem uma autonomia do veículo em relação à rede aérea por até 7 km, maior que a distância entre subestações - em média de 1 km a 3 km, reduzindo consideravelmente o risco de interrupções no tráfego por falhas no sistema de alimentação elétrica. As inovações tecnológicas desses trólebus incluem chassi igual ao similar diesel, motor de corrente alternada e inversor microprocessado, botão de chaveamento de rede, além do sistema de alimentação autônomo com bateria, baixo nível de ruído no interior do veículo -60 decibéis (db) contra 75 db nos ônibus convencionais-, frenagem e aceleração suaves proporcionando maior conforto e a preferência dos passageiros, vida útil de até 30 anos.

Apresentação 3 – Thermo King – Paulo Lane (líder de Marketing e Produto para a América Latina)

A empresa apresenta inovações no campo dos sistemas de ar-condicionado para os veículos tanto híbridos como elétricos, com configurações modulares de alimentação e reserva em caso de falhas de energia ou de reservas de potência.



Apresentação 4 – Acumuladores Moura S/A – Carlos Vidal (supervisor da Engenharia de Desenvolvimento e Inovação da Acumuladores Moura S/A)

Apresentou as novas tecnologias desenvolvidas pela empresa, no País, no campo das baterias PB-ácido, dentre as quais as do tipo VE/VEH – Veículos Elétricos e Híbridos – com as quais foram realizados os bem sucedidos testes de autonomia nos trólebus da Eletra. Com todos os sistemas auxiliares conectados, foi realizado um percurso autônomo de 9,9 km com um consumo de energia fornecido pelas baterias de 22,79 Ah.

3º Painel – Benefícios Socioambientais e Econômicos
Moderador: Reginaldo Paiva – (segundo diretor Secretário do Instituto de Engenharia)

Apresentação 1 – AM Branco Consultoria Ltda – Ivan Metran Whately
Contrapondo os aspectos dos resultados econômicos e os benefícios socioambientais dos trólebus, foram feitos estudos de viabilidade econômica considerando a taxa de retorno e as de externalidades, que incluem custos sociais (saúde, tempo, poluição, acidentes e estresse), custo de energia e sustentabilidade. Nas cidades, estudos mostram que encurtar o caminho até o trabalho melhora a produtividade (Valor 13/08/2012) e que o trânsito em São Paulo já causa perdas de R\$ 50 bilhões por ano (Estadão 26/11/2012). Considerando os itens citados acima, uma das melhores soluções para o trânsito das grandes cidades consiste na inserção dos trólebus, por propiciarem, seja os benefícios diretos como os indiretos como: ausência de poluição, menor ruído, maior duração e conforto dos usuários.

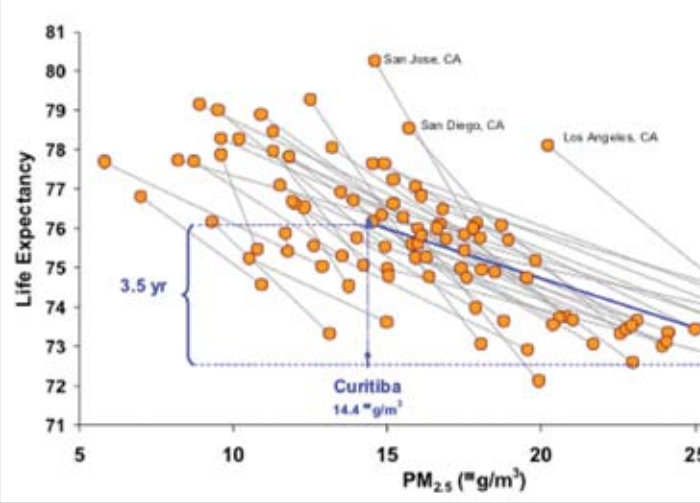
Apresentação 2 – BNDES – Carlos Henrique Reis Malburg - (gerente do Deurn/AS)

O BNDES disponibiliza várias linhas de crédito para ônibus elétricos, híbridos ou outros modelos com tração elétrica e demais máquinas e equipamentos com maiores índices de eficiência energética ou que contribuam para redução de emissão de gases de efeito estufa, a saber: a) o PSI – Programa BNDES de Sustentação do Investimento com taxa fixa de juros de 3,5 % a.a, participação máxima do BNDES de até 100%, prazos de até 120 meses, incluídos até seis meses de carência; b) Finem para as obras civis, montagem e instalações com uma taxa de juros de TJLP + 0,9% a.a., participação máxima de 90% para trilhos e de 80% nos demais itens, prazo total de financiamento de até 144 meses, incluído o prazo de carência de até 36 meses; c) Finame, com taxa de juros de 2,9% a.a. + 0,9% a.a., participação máxima do BNDES de 90% e um prazo total de oito anos, incluída carência de no mínimo três anos.

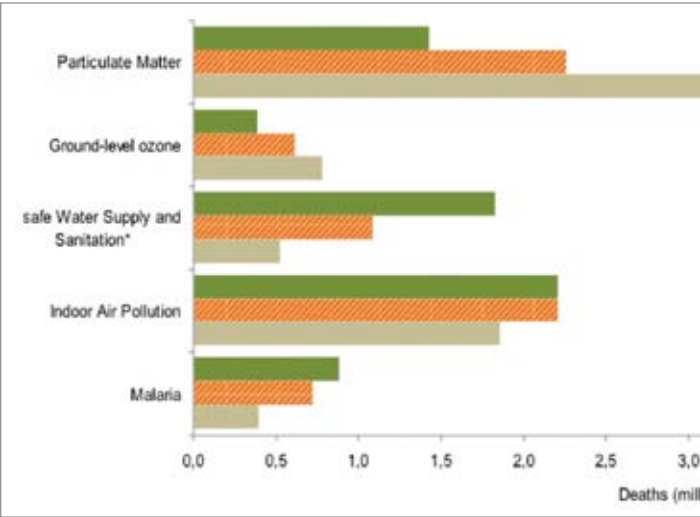
Apresentação 3 – Saúde e Meio Ambiente - Paulo Saldiva - (professor Titular de Medicina da USP)

O expositor mostrou as relações da saúde e do meio ambiente, como pode ser visualizado nos gráficos seguintes que comparam 1) expectativa de vida e nível de poluição em várias cidades, incluindo São Paulo e Curitiba e 2) previsão futura do número de óbitos devidos a causas ambientais:

COMBUSTÍVEL R\$ / km						
DIESEL	B20	ETANOL	AMD10	TROLEIBUS	TROLEIBUS +INFRA	HÍBRIDO
0,97	1,15	1,80	1,42	0,90	0,90	0,63
TECNOLOGIA R\$ / km						
DIESEL	B20	ETANOL	AMD10	TROLEIBUS	TROLEIBUS +INFRA	HÍBRIDO
5,40	5,60	6,50	5,80	6,20	7,40	6,90



Previsão do número de óbitos e suas causas (MM/ano) 2010-2050



Previsão do número de óbitos e suas causas (MM/ano) 2010-2050

Apresentação 4 – Ivan Metran Whately (coordenador da Divisão Técnica de Transporte do Instituto de Engenharia)

O expositor fez um exame dos condicionamentos legais e as estratégias energéticas da mobilidade abrindo uma discussão sobre os aspectos de esgotamento das vias, com congestionamentos e as emissões do setor de transporte. Trouxe elementos de custo e vantagens comparativas da frota atual de veículos da SPTrans em São Paulo constituída de 71 veículos novos (CA), 140 veículos novos (nacionais), tecnologia aperfeiçoada, emissão zero e baixo nível de ruído, conforme tabela seguinte, relativa ao ano 2012:

COMBUSTÍVEL R\$ / km						
DIESEL	B20	ETANOL	AMD10	TROLEIBUS	TROLEIBUS +INFRA	HÍBRIDO
0,97	1,15	1,80	1,42	0,90	0,90	0,63

TECNOLOGIA R\$ / km						
DIESEL	B20	ETANOL	AMD10	TROLEIBUS	TROLEIBUS +INFRA	HÍBRIDO
5,40	5,60	6,50	5,80	6,20	7,40	6,90

Previsão do número de óbitos e suas causas (MM/ano) 2010-2050

4º Painel – Estado da Arte em Dois Empreendimentos
Moderador: Antônio Maria Claret Reis de Andrade – (diretor do Departamento de Atividades Industriais do Instituto de Engenharia)

Apresentação 1 – Quito/Equador - Pablo André Viteri Buba – (Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Passageiros de Quito/Equador)

Como exemplos de países em desenvolvimento, na cidade de Quito (Equador), o BRT, implantado com ônibus elétrico, deu início à transformação da cidade e revolucionou o quesito da mobilidade urbana abrindo caminho para que outras cidades do país empenhassem projetos similares. Como consequência, as cidades que implantaram esse sistema se identificam hoje como ícones de cidadania e realçam a excelência da atuação do respectivo gestor público.

Apresentação 2 – Metra - Fabrizio M. Braga – (diretor do Sistema Metropolitano de Transportes)

A Metra é uma concessionária do governo do Estado de São Paulo que opera, administra e mantém o serviço de transporte dos corredores metropolitanos São Mateus-Jabaquara e Diadema-Brooklin; Extensão dos corredores: 45 km (São Mateus-Jabaquara: 33 km – Diadema-Brooklin: 12 km); Passageiros: 7,5 milhões/mês; Frota: 286 veículos; Quilometragem: 1,5 milhões/mês; Velocidade média: 21 km/h; Headway médio: 3 minutos; Nº viagens/mês: 111.784; Nº funcionários: 1600.

