

Ônibus a célula a combustível hidrogênio para transporte urbano no Brasil

IVAN CARLOS REGINA*
MARCOS CORREIA LOPES**

A Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (EMTU/SP), o Ministério de Minas e Energia (MME), o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o Global Environmental Facility (GEF) e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) estão dando andamento ao Projeto PNUD BRA/99/G32 - Ônibus a Célula a Combustível Hidrogênio para Transporte Urbano no Brasil, que representa o ponto de partida para o desenvolvimento de uma solução mais limpa para o transporte público urbano no Brasil.

O projeto consiste na aquisição, operação e manutenção de quatro ônibus a célula a combustível hidrogênio, na construção de uma estação de produção de hidrogênio por eletrólise para abastecimento dos ônibus (em fase final de instalação na EMTU/SP, em São Bernardo do Campo/SP), além do acompanhamento e veri-

ficção dessa infraestrutura de abastecimento e do desempenho dos veículos que serão utilizados no Corredor Metropolitano São Mateus/Jabaquara (passando pelos municípios de São Paulo, Diadema, São Bernardo do Campo, Santo André e Mauá), na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), com o intuito de:

- 1) desenvolver meios de transporte coletivo com emissão zero de poluentes e que contribuam na redução dos níveis de dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NOx), material particulado (MP), monóxido de carbono (CO) e hidrocarbonetos (HC);
- 2) obter conhecimento dessa tecnologia mundialmente inovadora, permitindo ao Brasil ocupar uma posição de destaque em virtude de seu mercado em potencial;
- 3) desenvolver tal tecnologia no Brasil, junto às operadoras de ônibus, fabricantes, universidades, escolas, visando criar um novo mercado;
- 4) desenvolver especificações brasileiras

para produção, manuseio e aplicação estacionária e veicular possibilitando o desenvolvimento e utilização do hidrogênio com segurança e eficiência.

A implantação do projeto brasileiro do ônibus a célula a combustível hidrogênio baseou-se em aspectos econômicos e ambientais importantes que, segundo o PNUD e o GEF, justificaram o investimento. O desenvolvimento desta tecnologia coloca o Brasil no mesmo patamar de países do Primeiro Mundo, além de atestar a competência da engenharia brasileira.

Entre os aspectos econômicos, destaque para:

- O Brasil é uma economia emergente.
 - Os ônibus possuem papel importante no transporte urbano brasileiro.
 - O Brasil é o maior mercado mundial de ônibus.
 - O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de ônibus.
 - A frota de ônibus na RMSP é a maior concentração no mundo.
- Já no quesito ambiental:
- São Paulo tem um dos maiores problemas de poluição mundial.
 - Os veículos motorizados são responsáveis por 90% das emissões de poluentes na atmosfera.
 - Os ônibus são equipados com motores a diesel com alta emissão de NOx e particulados.
 - O Brasil é líder na redução de gases do efeito estufa através do uso de energia hidroelétrica e do etanol.

PARCEIROS DO PROJETO

EMTU/SP - Empresa vinculada à Secretaria dos Transportes Metropolitanos do Estado de São Paulo. É a agência implementadora e gerenciadora do projeto. A EMTU/SP é uma das maiores gestoras de transporte coletivo sobre pneus do Brasil, atuando nas quatro regiões metropolitanas do Estado de São Paulo: RMSP (São Paulo, com 39 municípios), RMBS (Baixada Santista, com nove municípios), RMC (Campinas, com 19 municípios) e VPLN (Vale do Paraíba e Litoral



Vista da estação de produção e abastecimento de hidrogênio (à frente, o abastecedor)

Norte, com 39 municípios). A frota total de ônibus no sistema gerenciado é de cerca de 16 000 veículos (sistema regular e sistema fretamento). A EMTU/SP vem desenvolvendo uma política ambiental para aplicar no sistema de transporte e dentro deste contexto se insere o Projeto do Ônibus a Célula a Combustível Hidrogênio.

MME - É responsável pela direção nacional do Projeto do Ônibus a Célula a Combustível Hidrogênio. Este projeto se insere na política do governo federal de introdução do hidrogênio na matriz energética brasileira e a coordenação das atividades está a cargo da Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis, órgão do MME.

PNUD - É a agência implementadora do GEF para o projeto. O PNUD atua no apoio técnico e administrativo do Projeto e sua Unidade de Meio Ambiente, Energia, Ciência e Tecnologia participa no desenvolvimento do mesmo, tendo obtido sucesso na sua aprovação e financiamento pelo GEF, que é um mecanismo de financiamento internacional em benefício do meio ambiente global.

GEF - É o financiador multilateral. No âmbito do projeto, os recursos são administrados pelo PNUD. O valor destinado para o projeto é de 12,3 milhões de dólares. O financiamento foi concedido pelo GEF em função de tratar-se de projeto de natureza ambiental, já que a emissão veicular é zero, e considerando-se, também, que o hidrogênio, combustível destinado ao veículo, é obtido por eletrólise da água, utilizando eletricidade de fonte considerada renovável, pois mais de 90% da eletricidade produzida no Brasil tem origem em usinas hidroelétricas.

FINEP - É a Agência Financiadora Nacional, órgão ligado ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT). No âmbito do projeto, seus recursos são encaminhados ao MME, que, por sua vez, os repassa ao PNUD, que administra estes recursos. O valor destinado para o projeto foi de 3,3 milhões de dólares.

O contrato para fornecimento dos ônibus e de toda a infraestrutura de hidrogênio necessária para operá-los foi assinado entre o PNUD e um consórcio constituído pelas seguintes empresas:

AES ELETROPAULO, empresa brasileira, maior distribuidor de eletricidade da América Latina, é responsável pela conexão da subestação elétrica na rede; e por assegurar a qualidade de energia e disponibilidade da subestação elétrica até o ponto de fornecimento.

BALLARD POWER SYSTEMS, empresa canadense, reconhecida como líder mundial no design, desenvolvimento e fabricação de células a combustível emissão zero do tipo PEM. Mais de 140 veículos movidos com célula a combustível Ballard estão hoje rodando nas ruas de várias cidades do mundo. A Ballard forneceu para o projeto os stacks de célula a combustível para aplicação automotiva, trazendo e disseminando sua ampla experiência adquirida durante cinco gerações de projetos de demonstração de ônibus.

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE (EPRI), instituição científica norte-americana de pesquisas na área de energia. Com sua ampla experiência na implementação e gerenciamento de grandes projetos cooperativos de tecnologia, o EPRI gerencia o projeto e lidera o consórcio, trazendo experiência adquirida em projetos similares, coordenando os testes de durabilidade e avaliação e realizando simulações que determinarão um conceito híbrido otimizado, de acordo com o ciclo de operação no corredor da EMTU/SP.

HYDROGENICS, empresa canadense reconhecida como líder mundial no desenvolvimento e produção de sistemas de abastecimento de hidrogênio obtido por eletrólise. A Hydrogenics forneceu os equipamentos de eletrólise, compressão, armazenagem e abastecimento, além de competência técnica. Está trabalhando com a Petrobras Distribuidora na instalação da estação de abastecimento e no treinamento de pessoal, garantindo uma operação segura e de qualidade.

MARCOPOLO, empresa brasileira, maior encarregadora de ônibus da América, é o fornecedor da carroçaria e seus componentes. Sua alta capacidade e infraestrutura de produção no Brasil facilitam a continuidade da produção e exportação de ônibus movidos a célula a combustível.

NUCELLSYS, localizada na Alemanha, é líder mundial no desenvolvimento e fabricação de sistemas de células a combustível para aplicações automotivas. Forneceu os sistemas de célula a combustível, suporte técnico para a integração do ônibus, treinamento e

manutenção, trazendo e disseminando sua vasta experiência em projetos de demonstração de ônibus ao redor do mundo.

PETROBRAS DISTRIBUIDORA, maior companhia distribuidora de combustível do Brasil com mais de 7 000 estações de serviço, é a integradora e operadora da estação de abastecimento de hidrogênio, trazendo experiência do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (CENPES). Há 40 anos a Petrobras tem sido líder na distribuição de subprodutos de petróleo no Brasil. É uma das maiores empresas de petróleo no ranking internacional.

TUTTOTRASPORTI, empresa brasileira com ampla experiência no desenvolvimento, produção e modificação de chassis e em sistemas de propulsão alternativos, é a integradora do ônibus completo, combinando sua experiência com fornecedores líderes internacionalmente. A integração veicular incluiu documentação técnica, integração do sistema de célula a combustível e componentes eletroeletrônicos, testes e certificação.

Características dos ônibus

- Tamanho: Padron 12,6 metros
- Capacidade: 75 passageiros
- Ar condicionado
- Piso Baixo
- Potência: 210 kW
- Tração elétrica híbrida (célula a combustível + baterias de tração)
- Aproveitamento da energia de frenagem
- Consumo: 15 kg H₂/100 km percorridos
- Autonomia: 300 km

Características da estação de produção e abastecimento de hidrogênio

- Produção H₂: 120 kg/dia
- Consumo de energia: 50 kWh/kg H₂
- Pureza H₂: 99,999%
- Armazenagem H₂: 72 kg a 430 bar

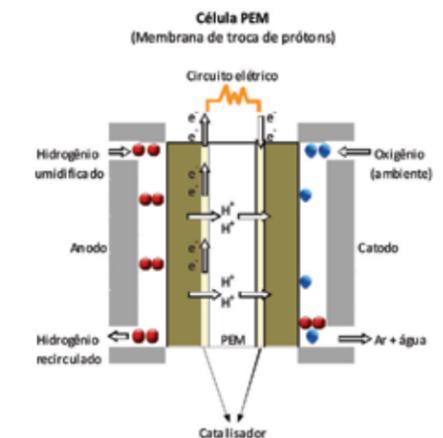


Figura 1 - Célula PEM (Membrana de troca de prótons)



Ônibus no pátio da Concessionária Metra, empresa do Sistema Metropolitano e que opera o veículo



Estação de produção e abastecimento de hidrogênio (em destaque, o eletrolisador, onde o hidrogênio é obtido a partir da eletrólise da água)

Background técnico – A célula a combustível combina hidrogênio e oxigênio do ar para produzir energia elétrica de forma eficiente, sem ruído e sem combustão. Seus únicos subprodutos são água e calor, oferecendo para a indústria automobilística a oportunidade de desenvolver veículos que não emitam quaisquer poluentes.

O hidrogênio é um combustível que pode ser produzido através de fontes de energia renováveis, como biomassa, eólica e energia solar. Isso representa uma importante contribuição para a mobilidade sustentável, possibilitando a independência de combustíveis fósseis.

Os veículos movidos a célula a combustível são mais eficientes do que os veículos movidos com motores de combustão interna: nos ônibus a combustão a diesel, a eficiência energética é inferior a 40% (somente o motor a combustão em regime ótimo de operação).

Nas mesmas condições, a célula a combustível apresenta rendimento ao redor de 60%. Uma grande diferença, lembrando que os veículos a combustão já estão muito próximos do limite teórico de rendimento, enquanto os elétricos estão longe desse limite. Essa diferença tende, ainda, a aumentar com a evolução dos veículos de tração elétrica. Cabe, ainda, salientar que as emissões poluentes nos veículos elétricos são zero e que esses veículos são muito mais silenciosos que os veículos movidos com motores de combustão interna.

A célula a combustível – O coração da célula a combustível é uma membrana condutora de prótons que separa dois gases, produzindo, assim, energia elétrica. A célula possui, além da membrana, duas placas estampadas com canais, por onde circulam de um lado o hidrogênio e, de outro, o oxigênio. A membrana possui em ambos os lados uma camada muito fina de um catalisador a base de platina, a qual desmembra a molécula de hidrogênio em prótons (positivo) e elétrons (negativo).

Somente os prótons passam através da membrana e, combinados com o oxigênio do outro lado, formam água, único resíduo do processo. A membrana não permite a passagem dos elétrons, formando um excesso de elétrons no lado do hidrogênio e falta de elétrons no lado do oxigênio, o que resulta em dois polos: positivo e negativo. Unindo os dois polos da membrana produz-se corrente elétrica, que é usada para propulsão do veículo, alimentando diretamente os motores de tração elétrica do ônibus (figura 1).

Para obter a potência desejada as células são montadas formando uma pilha que constitui um "stack". Aumentando o número de células em um "stack" aumenta-se a tensão, enquanto que se aumentando sua superfície aumenta-se a corrente elétrica.

Infraestrutura de abastecimento do hidrogênio – O eletrolisador tem capacidade de produzir 120 kg/dia de combustível hidrogênio em 20 horas de operação. O conjunto, abastecido com água e eletricidade, produz oxigênio e combustível hidrogênio. O hidrogênio é pressurizado a 430 bar e tem pureza de 99,999%, adequado aos ônibus a célula combustível.

Os sistemas de segurança incluem monitoramento de hidrogênio e oxigênio e um sistema de detecção de gás combustível, intertravado com as unidades PLC. O equipamento pode ser monitorado à distância por meio de software apoiado à web, projetado especialmente para estas unidades. O dispenser de combustível hidrogênio é projetado para abastecimento rápido do ônibus a célula combustível sem comprometimento da segurança operacional.

Operação do ônibus protótipo – O ônibus protótipo está sendo operado no Corredor São Mateus/Jabaquara desde dezembro de 2010, com pleno atendimento às especificações de projeto (inclusive, menor consumo de hidrogênio).

Equipes da concessionária Metra - Sistema Metropolitano de Transportes (empresa do sistema metropolitano que opera o ônibus), tanto de motoristas quanto o corpo técnico de manutenção receberam treinamento para familiarizar-se com os sistemas do veículo, capacitando-se à operação normal da tecnologia. **Próximos ônibus** – Mais três ônibus estão em fase de construção e deverão ser entregues à operação até o final de 2013. Eles terão a incorporação de melhorias técnicas verificadas na operação do ônibus protótipo, redução do peso total dos veículos e a nacionalização de diversos equipamentos/componentes, fato este que trará mais agilidade relacionada à manutenção dos sistemas. Terão duas portas de cada lado, possibilitando a operação em qualquer tipo de corredor de transporte.



Estação de produção e abastecimento de hidrogênio (à esquerda, o compressor, que eleva a pressão do hidrogênio obtido a 430 bar; à direita, os tanques de armazenagem)

Redução de emissões poluentes – O ônibus protótipo está em operação no Corredor São Mateus/Jabaquara desde dezembro de 2010 e não emite qualquer tipo de poluente, gerando grande benefício ao meio ambiente e à saúde pública, colaborando, assim, para uma melhor condição de vida da população.

Com relação aos gases de efeito estufa, considerando uma operação diária ao redor de 250 km/dia/ônibus, calcula-se que a substituição de um ônibus movido a diesel convencional por outro, movido a hidrogênio (tração elétrica), traga uma redução mensal ao redor de 8 toneladas nas emissões de CO₂.

COMPROMISSO

A EMTU/SP, dentro da política do Governo do Estado de São Paulo de comprometimento com a melhoria do meio ambiente, vem testando alternativas técnicas e energéticas de meios de transportes públicos menos poluentes.

A meta da empresa é sempre implantar melhorias no sistema de transporte público de passageiros sob sua gestão, tornando as viagens mais rápidas, seguras e confortáveis para os usuários desse sistema.

Colaboraram na elaboração do artigo:

Adriana Capotosto - Analista de Desenvolvimento na EMTU/SP. Analista Administrativo/Financeira do Projeto PNUD BRA/99/G32.

Alysson Talaisys Bernabel - Analista de Desenvolvimento - EMTU/SP. Analista Técnico do Projeto PNUD BRA/99/G32.

* **Ivan Carlos Regina** é engenheiro, gerente de Desenvolvimento e Planejamento na EMTU/SP
E-mail: ivanregina@emtu.sp.gov.br

** **Marcos Correia Lopes** é engenheiro, chefe do Departamento de Planejamento de Transporte, Desenvolvimento Tecnológico e Meio Ambiente - Coordenador do Grupo de Trabalho EMTU/SP - STAQ
E-mail: marcosl@emtu.sp.gov.br

INOVAR É OFERECER AS MÁQUINAS PERFEITAS PARA AS OBRAS DO SEU TEMPO. NEW HOLLAND. PARCERIA EM GRANDES OBRAS EM TODO O BRASIL.



Quando o Brasil abriu o caminho para o desenvolvimento, a New Holland estava lá, ajudando a construir o futuro deste país. São mais de 60 anos de inovação tecnológica e uma rede de concessionários em todo o Brasil. Tradição e pioneirismo. É com esses ingredientes que a New Holland continua fazendo história. Porque o DNA da New Holland é construir o futuro sempre.

NEW HOLLAND.
Construindo novos tempos.



www.newholland.com.br