



# Ônibus Brasileiro a Hidrogênio:

Tecnologias Renováveis para o  
Transporte Urbano no Brasil

## **ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO:**

TECNOLOGIAS RENOVÁVEIS PARA O TRANSPORTE URBANO NO BRASIL

***BRAZILIAN FUEL CELL BUS:***

*RENEWABLE TECHNOLOGIES FOR THE URBAN TRANSPORT IN BRAZIL*





<b>PREFÁCIO / <i>PRELUDE</i></b> .....	<b>5</b>
<b>PREÂMBULO / <i>PROLOGUE</i></b> .....	<b>10</b>
<b>INTRODUÇÃO / <i>INTRODUCTION</i></b> .....	<b>20</b>
<b>1 - ÓRGÃOS INSTITUCIONAIS PATROCINADORES / <i>PROJECT PARTNERS INSTITUTIONS</i></b> .....	<b>26</b>
<b>1.1 - NÍVEL FEDERAL / <i>FEDERAL LEVEL</i></b> .....	<b>26</b>
MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / <i>MME – MINISTRY OF MINES AND ENERGY</i> .....	<b>26</b>
FINEP – FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS / <i>FINEP – FINANCING AGENCY OF STUDIES AND PROJECTS</i>	
<b>1.2 - NÍVEL INTERNACIONAL / <i>INTERNATIONAL LEVEL</i></b> .....	<b>36</b>
PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO /	
<i>UNDP – THE UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME</i> .....	<b>36</b>
GEF – GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY	
<b>1.3 - NÍVEL ESTADUAL / <i>STATE LEVEL</i></b> .....	<b>40</b>
EMTU/SP – EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS DE SÃO PAULO S.A /	
<i>EMTU/SP - SÃO PAULO METROPOLITAN URBAN TRANSPORT COMPANY</i> .....	<b>40</b>
GESP – GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO / STM – SECRETARIA DOS TRANSPORTES METROPOLITANOS /	
<i>GESP – GOVERNMENT OF SÃO PAULO STATE / STM – METROPOLITAN TRANSPORT SECRETARY</i>	
<b>2 - EMPRESAS MEMBROS DO CONSÓRCIO / <i>COMPANIES MEMBERS OF THE CONSORTIUM</i></b> .....	<b>67</b>
<b>2.1 - ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO – EQUIPE VEÍCULO / <i>BRAZILIAN FUEL CELL BUS - BUS TEAM</i></b> .....	<b>67</b>
BALLARD POWER SYSTEMS .....	<b>67</b>
MARCOPOLO .....	<b>78</b>
NUCELLSYS .....	<b>90</b>
TUTTOTRASPORTI .....	<b>108</b>
<b>2.2 - ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO – EQUIPE INFRAESTRUTURA /</b>	
<b><i>BRAZILIAN FUEL CELL BUS - HYDROGEN INFRASTRUCTURE TEAM</i></b> .....	<b>128</b>
AES ELETROPAULO .....	<b>128</b>
HYDROGENICS .....	<b>138</b>
PETROBRAS DISTRIBUIDORA .....	<b>153</b>
<b>2.3 - LIDERANÇA DO CONSÓRCIO E GERENCIAMENTO DO PROJETO – GRUPO COORDENAÇÃO /</b>	
<b><i>CONSORTIUM LEADERSHIP AND PROJECT MANAGEMENT – COORDINATION TEAM</i></b> .....	<b>165</b>
EPRI INTERNATIONAL .....	<b>165</b>



## PREFÁCIO

PREFÁCIO DO SECRETÁRIO DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E COMBUSTÍVEIS RENOVÁVEIS DO  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

PREFÁCIO DO DIRETOR DO DEPARTAMENTO DE GÁS NATURAL DO MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

PREFÁCIO DO SECRETÁRIO DE ESTADO DOS TRANSPORTES METROPOLITANOS - UM NOVO PATAMAR

PREFÁCIO DO PRESIDENTE EMTU/SP

## *PRELUDE*

*PRELUDE SECRETARY OF PETROLEUM, NATURAL GAS AND RENEWABLE FUELS OF*

*THE MINISTRY OF MINES AND ENERGY*

*PRELUDE DIRECTOR OF THE NATURAL GAS DEPARTMENT OF THE MINISTRY OF MINES AND ENERGY*

*PRELUDE METROPOLITAN TRANSPORT SECRETARY OF THE STATE OF SÃO PAULO - A NEW STEP*

*PRELUDE EMTU/SP PRESIDENT*



## PREFÁCIO DO SECRETÁRIO DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E COMBUSTÍVEIS RENOVÁVEIS DO MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

### PRELUDE SECRETARY OF PETROLEUM, NATURAL GAS AND RENEWABLE FUELS OF THE MINISTRY OF MINES AND ENERGY

O mundo vem assistindo nos últimos tempos a uma crescente preocupação de governos, organismos internacionais e da sociedade, relativamente às questões ambientais e, especialmente, ao aquecimento global do planeta, problemas que começam a ganhar contornos estratégicos.

Assim, configura-se cada vez mais, como objetivo prioritário, a busca do desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, estão inseridas as políticas e diretrizes do Governo Federal, implementadas pelo Ministério de Minas e Energia, visando o uso crescente de fontes renováveis e limpas.

O Brasil, diferentemente da maioria dos países desenvolvidos, possui uma matriz energética com cerca de 45% de energia renovável e deve elevar esse patamar a quase 47%, conforme previsão do Plano Nacional de Energia 2030. No resto do mundo esse percentual é da ordem de 14%.

Na matriz de veicular, em comparação aos demais países, o Brasil se configura como um país com grande presença de combustíveis renováveis. No resto do mundo, a participação desses combustíveis é praticamente inexpressiva e o que se observa é a supremacia do uso dos derivados de petróleo.

Como se verifica, o País dispõe de uma matriz diversificada, haja vista as alternativas que possui para produzir combustíveis de natureza fóssil e renovável, constituindo um ambiente favorável para introdução gradual do hidrogênio. Esse energético, se produzido a partir de insumos de natureza renovável, deixará o Brasil em sintonia com as iniciativas internacionais para redução das emissões atmosféricas e diminuição da dependência dos combustíveis fósseis.

Os exemplos de sucesso do álcool e do biodiesel credenciam o país para a produção de hidrogênio a partir de fontes renováveis. Assim é que o Ministério de Minas e Energia tem envidado esforços no sentido de planejar a estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil.

As ações do Ministério de Minas e Energia com vistas a coordenar o processo de estruturação estão orientadas à criação de mercados sustentáveis, produzidos a partir de fontes de hidrogênio, de acordo com as especificidades do Brasil, em sintonia com as iniciativas internacionais para redução das emissões atmosféricas e diminuição da dependência dos combustíveis fósseis. Sob esta ótica um dos desafios de maior relevância é a construção de um ambiente favorável de negócios que promova o desenvolvimento econômico com inclusão social.

O Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio é mais um passo importante para consolidar a invejável vocação brasileira para o uso de combustíveis renováveis. A sua concretização funcionará como um importante vetor que ajudará a impulsionar o desenvolvimento da nova economia no País, na medida em que permitirá a demonstração da viabilidade técnica e operacional de ônibus à célula a combustível e da estrutura de produção e abastecimento de hidrogênio.

O Ministério de Minas e Energia - MME, por meio da Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis participou de todas as etapas deste projeto desde a sua formulação inicial, exercendo o seu papel de planejar e implementar ações que conduzam à inserção do hidrogênio como complemento à matriz energética renovável que o Brasil já possui, reforçando uma importante vantagem comparativa que nos destaca no cenário mundial.

Junto com os nossos parceiros, que abraçaram essa idéia com afinco e entusiasmo, estamos comprometidos com o sucesso do Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio pelo seu caráter inovador, ambientalmente correto e, portanto, inteiramente aderente às políticas e diretrizes do Ministério de Minas e Energia.

José Lima de Andrade Neto  
Secretário de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

The world is watching in the last years with increasing concerns by the governments, international institutes and by the society, related to the environmental issues and, especially to the planet global warming problems, which have started to be significant.

In this form, they have more and more as a priority objective, the search for sustainable development. In this context, the policies and lines of direction of the Federal Government, implemented by the Ministry of Mines and Energy, are aiming for the increased use of the renewable and clean energy sources.

Brazil, compared to the majority of developed countries, has an energy matrix with approx. 45% of renewable energy, for the rest of the world this percentage is around 14%. According to the forecast of the National Energy Plan 2030, this level will increase to almost 47%.

In the automotive matrix, in comparison with other countries, Brazil is a country with a big share of renewable fuels. In the rest of the world, the share

of those fuels is almost nonexistent and what we see is the preponderance of the use of petroleum products.

As shown, Brazil has a diversified energy matrix, with many alternatives to produce fossil and renewable fuels, establishing a favorable environment for the gradual introduction of hydrogen. If produced from renewable sources, the introduction of hydrogen will lead Brazil to be in line with international initiatives to reduce atmospheric emissions and to reduce the dependence of fossil fuels.

The successful examples such as the ethanol and the biodiesel, certify the Country for the hydrogen production from renewable sources. In this form the Ministry of Mines and Energy has undertaken efforts to plan a structuring of the Hydrogen Economy in Brazil.

The actions of the Ministry of Mines and Energy with the objective to coordinate the structuring process are oriented to the creation of sustainable markets, produced from hydrogen sources, according to the Brazilian specialties, in line with the international initiatives to reduce atmospheric emissions and the decrease of the dependence of fossil fuels. Under this view, one of the biggest challenge is the construction of a favorable business environment, which promotes the economical development with social inclusion.

The Brazilian Fuel Cell Bus Project is one more important step to consolidate the enviable Brazilian vocation for the use of renewable fuels. Its concretization will work as an important vector, which will help to push the development of the new economy in the Country. At the same time it will enable the demonstration of the technical and operational feasibility of the fuel cell bus and of the hydrogen infrastructure for production and fuelling.

The Ministry of Mines and Energy - MME, through its Secretary of Petroleum, Natural Gas and Renewable fuels has participated in all phases of this project since its initial conception, playing the role of planning and implementing actions, which lead to the hydrogen introduction as a complement to the renewable energy matrix, which Brazil already has, reinforcing an important comparative advantage, which highlights Brazil in the worldwide scenario.

Together with our partners, who embrace this idea with perseverance and enthusiasm, we are committed with the success of the Brazilian Fuel Cell Bus Project because of its innovative concept, environmentally correct and therefore entirely in line with the policies and directions of the Ministry of Mines and Energy.

José Lima de Andrade Neto  
Secretary of Petroleum, Natural Gas and Renewable Fuels  
MINISTRY OF MINES AND ENERGY

## PREFÁCIO DO DIRETOR DO DEPARTAMENTO DE GÁS NATURAL DO MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

### PRELUDE DIRECTOR OF THE NATURAL GAS DEPARTMENT OF THE MINISTRY OF MINES AND ENERGY

Desde 1993, o Ministério de Minas e Energia está envolvido em estudos para a avaliação da viabilidade de utilização de ônibus com célula a combustível a hidrogênio no Brasil. A concretização do Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio deu-se a partir de um complexo arranjo institucional coordenado, em conjunto, pelo Ministério de Minas e Energia - MME, por meio da Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis, e pela Empresa Metropolitana de Transporte Urbanos de São Paulo, financiado com recursos oriundos do Global Environment Facility - GEF e da Financiadora de Estudos e Projeto - FINEP. Ao Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD cabe a administração dos recursos financeiros do projeto.

Para o fornecimento dos veículos e da infraestrutura de produção e abastecimento de hidrogênio foi formado um consórcio pela AES Eletropaulo, Ballard Power Systems, EPRI International, Hydrogenics, Marcopolo, Nucellsys, Petrobras Distribuidora e Tuttoporti. Os sucessos obtidos no desenvolvimento do primeiro ônibus devem-se ao trabalho incansável e dedicado dos membros do consórcio que aportam técnicos e conhecimento para o desenvolvimento do projeto. Relevar também a intensa participação do Centro de Pesquisas & Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello - CENPES, da Petróleo Brasileiro S.A. - Petrobras.

O Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio é um programa pioneiro na América Latina que extrapola os limites de um típico projeto de demonstração. A sua implementação permitirá demonstrar a viabilidade operacional dos ônibus com célula a combustível, desenvolver uma especificação brasileira, tanto para equipamentos como para o combustível e absorver, desenvolver e difundir tal tecnologia.

Foram introduzidas inúmeras inovações tecnológicas que diferenciam o veículo entre os demais produzidos no mundo. O sistema híbrido utilizado no projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio, com o uso combinado de célula a combustível e banco de baterias diminui o consumo do energético, aumentando a autonomia do veículo e ainda aproveita melhor a energia. A utilização de células a combustível projetadas para veículos leves reduz o custo de forma relevante. Todo o sistema de controle foi projetado com fins de promover maior estabilidade e segurança.

A fase de testes do primeiro ônibus brasileiro movido a hidrogênio já foi concluída e o veículo se encontra no pátio da Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos do Estado de São Paulo - EMTU/SP, apto a iniciar a etapa seguinte, quando serão testadas as condições de operação no transporte de passageiros, dentro do Corredor Metropolitano São Mateus Jabaquara, em São Paulo. Da mesma forma está

em curso a instalação de estação integrada para a produção e o abastecimento de hidrogênio, produzido a partir da eletrólise da água, fonte renovável de energia.

A continuidade desse projeto produzirá inúmeros impactos positivos, com destaque para o desenvolvimento de uma especificação brasileira para os ônibus à célula a combustível a hidrogênio permitindo ao País ocupar uma posição de destaque em virtude de seu mercado em potencial e larga experiência na fabricação de veículos dedicados aos transporte urbano de passageiros.

Possibilitará também o acompanhamento tecnológico em nível mundial, especialmente no caminho para se chegar à produção do energético em condições econômicas e na implantação da infraestrutura de abastecimento até hoje inexistente no País, contribuindo sobremaneira para a estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil.

Destaca-se, por fim, os impactos ambientais advindos do projeto com o desenvolvimento de um sistema de transporte coletivo com emissão zero de poluentes, contribuindo para a redução dos níveis de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NOx), particulados, entre outros.

Marco Antonio Martins Almeida  
Diretor - Departamento de Gás Natural  
Secretário de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Since 1993, the Ministry of Mines and Energy is involved in studies for evaluation of the use of hydrogen fuel cell buses in Brazil. The implementation of the Brazilian Fuel Cell Bus Project was started from a complex coordinated institutional arrangement, in partnership, by the Ministry of Mines and Energy - MME, through the Secretary of Petroleum, Natural Gas and Renewable Fuels, and by the Metropolitan Urban Transportation Company of São Paulo State, financed with the resources from the Global Environment Facility - GEF and of the Study and Projects Financing Agency - FINEP. The United Nations Development Program - UNDP administers the financing resources of the project.

For the vehicles and hydrogen infrastructure supply a consortium was formed with the following companies: AES Eletropaulo, Ballard Power Systems, EPRI International, Hydrogenics, Marcopolo, Nucellsys, Petrobras Distribuidora and Tuttoporti. The success obtained in the development of the first bus is owed to the tireless and dedicated work of the consortium members, who bring technicians and knowledge for the project implementation. It is

also worth mentioning the intensive participation of the Research and Development Centre Leopoldo Américo Miguez de Mello - CENPES, of the Petróleo Brasileiro S.A. - Petrobras.

The Brazilian Fuel Cell Bus Project is a pioneer program in Latin America, which exceeds the limits of a typical demonstration project. Its implementation will demonstrate the operational feasibility of fuel cell buses, develop a Brazilian specification for the components and for the fuel and it will absorb, develop and disseminate this technology.

Several technology innovations have been introduced, which make this vehicle different from the other fuel cell buses produced worldwide. The hybrid system used in the Brazilian Fuel Cell Bus project, with the combined use of fuel cell and batteries which decrease the energy consumption, increasing the vehicle range and also making a better use of the energy. The use of the fuel cell systems for passenger cars applications reduce the costs sensibly. The whole system control has been developed to promote more stability and safety.

The test phase of the first Brazilian hydrogen fuel cell bus has been already concluded and the vehicle is in the garage of the Metropolitan Urban Transportation Company of São Paulo State - EMTU/SP, ready to start the next phase, when the operation conditions for transporting passengers will be tested, along the Metropolitan Corridor São Mateus Jabaquara, in São Paulo. In parallel, the on going process for the construction and installation of the hydrogen production and fuelling station, by water electrolysis, using a renewable energy source.

The continuity of this project will produce several positive impacts, with highlight on the development of a Brazilian specification for fuel cell buses enabling the Country to rank high worldwide due to its potential market and large experience in manufacturing vehicles for urban public transportation.

It will also enable the worldwide technology follow-up, specially on the path to achieve commercial conditions for the hydrogen production and in the implementation of the fuelling infrastructure, nonexistent until now in the Country, contributing a lot for the structuring of the Hydrogen Economy in Brazil.

The final project's highlight is the environmental impact with the development of a zero emission public transportation system, contributing to the reduction of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), nitrogen oxide (NOx), and particulates emission levels, among others.

Marco Antonio Martins Almeida  
Director - Natural Gas Department  
Secretary of Petroleum, Natural Gas and Renewable Fuels  
MINISTRY OF MINES AND ENERGY



## PREFÁCIO DO SECRETÁRIO DE ESTADO DOS TRANSPORTES METROPOLITANOS UM NOVO PATAMAR

### PRELUDE METROPOLITAN TRANSPORT SECRETARY OF THE STATE OF SÃO PAULO A NEW STEP

#### Um novo patamar

A preocupação com o meio ambiente e a qualidade de vida dos moradores dos centros urbanos é fundamental para um gestor público nos dias de hoje. É por isso que a Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos expande neste ano para os ônibus o que já é realidade nos trens de São Paulo: a contribuição para reduzir a poluição. Estamos lançando o primeiro veículo de transporte público movido à célula a combustível a hidrogênio no país.

Não há dúvidas de que o ônibus à célula a combustível a hidrogênio da EMTU/SP representa um salto qualitativo no transporte público paulista. A extensão do benefício para o país depende da adoção do modelo por outros estados. Mas o exemplo já está dado. Trata-se, na realidade, de um novo horizonte tecnológico que se descortina e que dará início, a partir de São Paulo, a uma mudança irreversível na qualidade do transporte público brasileiro sobre pneus.

A preocupação com o meio ambiente como um todo e com a qualidade do ar, em especial, é cada vez mais explícita nas políticas públicas do setor de transporte. Ao se eliminar a queima de combustível fóssil, reduz-se de maneira considerável a emissão de poluentes. Mas também é importante considerar essa inovação do ponto de vista econômico. Nosso parque industrial, que hoje é o maior produtor mundial de chassis e carrocerias, será também um dos poucos no planeta capaz de fabricar esses veículos, abrindo novos caminhos para as exportações brasileiras no setor, que passarão a incluir, ainda, a nova tecnologia.

Finalmente, em seu significado político, essa é uma das realizações que deixam claro o papel protagonista da gestão pública eficiente para o desenvolvimento nacional explícito no Plano de Expansão do Transporte Metropolitanos do Governo do Estado de São Paulo. Devido a sua própria natureza, determinada pela agenda democrática, a administração pública precisa garantir a sustentabilidade das obras, programas e serviços, de forma a assegurar a sua continuação ao longo

de sucessivos governos. Esse requisito tem sido atendido, de maneira objetiva, em razão do planejamento detalhado dos seus desdobramentos, que incluem a execução de projetos de novas linhas, licitações e a definição de fontes de financiamento.

Iniciado em janeiro de 2007, o Plano de Expansão, no valor de R\$ 20 bilhões, o maior investimento já feito no setor, está realizando uma verdadeira revolução tanto no Metrô, como na CPTM e na EMTU, com a aquisição de 107 novos trens, de um novo sistema de sinalização que irá permitir a circulação mais rápida das composições, a construção de 28 novas estações e a implantação de 91,2 km de corredores de ônibus. Esse conjunto de realizações irá proporcionar a milhões de pessoas transporte mais rápido e mais seguro, com mais conforto e confiabilidade. Tudo para melhorar a qualidade de vida de quem mora na região metropolitana.

José Luiz Portella Pereira  
Secretário de Estado dos Transportes Metropolitanos

#### A new step

*The concern with the environment and the quality of life of residents of urban centers is essential for a public manager today. Due to that the São Paulo State Secretary for Metropolitan Transport expands this year to the bus system which is already a reality in the São Paulo State train network: a contribution to reducing the urban pollution. We are launching the first public transport vehicle powered by hydrogen fuel cell in the country.*

*There is no doubt that EMTU/SP hydrogen fuel cell bus represents a quantum leap in public transport. The extent of benefit to the whole country depends on the adoption of our model by other Brazilian states. However, the example is given. In reality, it represents a new technological horizon that will promote, starting from São Paulo, an irreversible change in the quality of Brazilian public transport on wheels.*

*The concern with the environment as a whole and with the air quality, in particular, is increasingly explicit in public policy in the transport sector. When fossil fuel burning is eliminated, there is a considerable reduction in pollutants emission. But it is also important to consider the innovation from the economic point of view. Brazilian industrial sector, which today is the world's largest producer of chassis and bus bodies, will also be one of the few on the planet capable of producing these vehicles, opening new markets for Brazilian exportation, thus including also this new technology.*

*Finally, on the political side, this is one of the achievements that make clear the leading position of the efficient public administration for the national development, included in the Metropolitan Transportation Expansion Plan of the Government of the State of São Paulo. Due to its own characteristics, defined by a democratic agenda, the government needs to ensure the sustainability of constructions, programs and services to ensure the continuation over successive governments. This requirement has been met in an objective way, as a consequence of the detailed planning of its development, including the implementation of projects of new transport lines, biddings and funding sources definitions.*

*Started in January 2007, the Expansion Plan, with a value of R\$ 20 billion, the largest investment ever made in the sector, is making a revolution in Metro, CPTM and EMTU, with the purchase of 107 new trains, as well as new signaling system that will enable faster movement of the compositions, besides the construction of 28 new stations and the deployment of 91.2 kilometers of bus corridors. This set of achievements will provide faster and safer transportation for millions of people, with more comfort and reliability. Everything with the objective to improve the quality of life of those who live in the metropolitan area.*

José Luiz Portella Pereira  
Metropolitan Transport Secretary of the State of São Paulo

## PREFÁCIO DO PRESIDENTE EMTU/SP

### PRELUDE EMTU/SP PRESIDENT

Coordenar o Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio é motivo de orgulho e uma desafiadora responsabilidade que se soma ao gerenciamento e fiscalização dos sistemas de ônibus intermunicipais nas três Regiões Metropolitanas do Estado de São Paulo. São quase 50 milhões de usuários transportados mensalmente pela Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos - EMTU/SP.

Apresentado em detalhes nesta publicação, o projeto foi abraçado em fina sintonia com ações que sempre defendemos. Desde a sua criação, em 1986, a EMTU/SP vem mantendo a política de minimizar o impacto do transporte coletivo no meio ambiente ao desenvolver estudos de diversas alternativas energéticas como os testes com o etanol, ônibus a gás natural, ônibus híbrido e agora o Hidrogênio.

O investimento da EMTU/SP em tecnologias mais eficientes do ponto de vista ambiental e energético é também uma alternativa econômica para o futuro da economia global. Os veículos com célula combustível a hidrogênio tendem a se destacar na relação "ganho ambiental / competitividade comercial", já que serão não-poluente desde a fonte de energia até a tração. O combustível hidrogênio no ônibus converte-se em energia para movimentar o veículo, expelindo no escapamento apenas vapor de água.

Assim sendo, o ônibus com célula a combustível a hidrogênio, uma tecnologia de ponta baseada em combustível limpo e renovável, significa uma oportunidade estratégica para melhoria da qualidade de vida e da proteção ambiental, a partir da redução da poluição atmosférica e do uso de combustíveis fósseis, bem como de contribuição para minimizar as causas das mudanças climáticas.

Investir em soluções energéticas como o hidrogênio e o etanol é parte do compromisso assumido pela Secretaria de Estado dos Transportes Metropolitanos de São Paulo e pela EMTU/SP na implantação de sistemas de transporte de massa sobre pneus com responsabilidade ambiental e comercialmente competitivos. No âmbito social, os programas inseridos no Plano de Expansão dos Transportes Metropolitanos geram empregos e asseguram à população o direito de usufruir de um transporte público eficiente e digno.

Com o início dos testes previsto para o primeiro semestre de 2009, o Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio já começa a fazer parte desse futuro.

Julio A. de Freitas Gonçalves  
Diretor Presidente da Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos - EMTU/SP.

Coordinate the Brazilian Fuel Cell Bus Project is a source of pride and a challenging responsibility that is added to the management and supervision of the metropolitan bus system in three metropolitan areas of the State of São Paulo. There are nearly 50 million users transported monthly by the Metropolitan Company of Urban Transport - EMTU/SP.

Presented in detail in this publication, the Brazilian Fuel Cell Bus Project was involved by thin line with actions which we have always defended. Since EMTU/SP's creation in 1986, the Company has maintained the objective of minimizing the environmental impact of public transport, developing studies of various alternative energy sources, as the tests with ethanol, natural gas buses, hybrid buses and now with hydrogen.

*EMTU/SP investments in more energy efficient and environmental concerned technologies are also seen as economic alternatives for the future of the global economy. The hydrogen fuel cell vehicles tend to be highlighted in "environmental gain/commercial competitiveness" assessments, as long as they could be non-polluting since the energy source up to operation. The hydrogen fuel in the bus becomes into energy to move the vehicle, exhausting only water vapor.*

*Thus, the hydrogen fuel cell bus, a cutting-edge technology based on renewable and clean fuel, means a strategic opportunity to improve quality of life and environmental protection, from the reduction of air pollution and fossil fuels usage, and to contribute to minimize the causes of climate change.*

*Invest in energy solutions such as hydrogen and ethanol is part of the commitment made by the Metropolitan Transport Secretariat of the State of São Paulo and by EMTU/SP, of implementing mass transportation systems on wheels with environmental responsibility and commercially competitive. Considering social aspects, the programs included in the Metropolitan Transportation Expansion Plan generate job opportunities and provide to the public the right to enjoy a decent and efficient public transport.*

*Starting the tests in the first semester of 2009, the Brazilian Fuel Cell Bus is beginning to be part of that future.*

Julio A. Gonçalves de Freitas  
President Director of the Metropolitan Company of Urban Transport - EMTU/SP.



**PREÂMBULO**

Monica Saraiva Panik

Assim como o Projeto "Ônibus Brasileiro a Hidrogênio", este livro foi concebido com o objetivo de deixar nossa contribuição para os nossos filhos, netos e bisnetos, e também para os filhos, netos e bisnetos deles, e assim por diante, passando de geração para geração. Caso não estivermos mais aqui para contar pessoalmente essa história de cooperação internacional, confiança mútua, trabalho árduo, visão e coragem, as pessoas poderão ler e reler este livro sempre que necessitarem de motivação e um sentido maior para suas vidas.

Este livro está dividido em capítulos assim como o projeto foi dividido em etapas a serem cumpridas. Os capítulos e essas etapas estão sendo contados pelas entidades, órgãos governamentais e indústrias parceiros do projeto. Cada parceiro descreve com suas palavras e sua visão, um pouco de sua história, seus objetivos, sua estratégia política, seus produtos e serviços, sua experiência, e aprendizado. A leitura deste livro permitirá ao público em geral participar de nosso desafio e talvez usar nossa história para ajudar a vencer seus próprios desafios do dia a dia. Meu nome é Monica Saraiva Panik e me sinto privilegiada por ter sido envolvida no Projeto "Ônibus Brasileiro a Hidrogênio" desde antes mesmo dele ter início. Sou brasileira com muito orgulho e trabalho na Alemanha há 11 anos, época em que a Ballard Power Systems e a NuCellsys GmbH receberam a informação de que o PNUD e o GEF estavam apoiando projetos de célula a combustível em países em desenvolvimento.

Eu me lembro como se fosse hoje quando comecei a trabalhar para a Ballard Automotive, depois mudei para „dbb“, a qual se tornou Xcellsys, depois Ballard AG, e finalmente ficou como NuCellsys. No início, uma equipe pequena e dedicada queria mostrar ao mundo que a célula a combustível era a tecnologia mais promissora para reduzir emissões de CO<sub>2</sub> e o efeito estufa. O mundo gostou da idéia e exigiu mais e mais esforços, apresentando grandes desafios, e houve uma época que a equipe de engenheiros em Nabern, Alemanha, atingiu mais de 1000 funcionários. Uma indústria de célula a combustível se estabeleceu e o mercado se interessou cada vez mais por projetos demonstração de veículos movidos à célula a combustível. Todos estes projetos foram bem sucedidos. Os custos da tecnologia ainda precisam se tornar competitivos, mas após ter vencido tantos obstáculos, não tenho dúvida de que este também será. Em maio de 1998, a tecnologia de célula a combustível já era um



Primeiro Steering Committee Meeting após o evento de lançamento do projeto em 14 de novembro de 2006 (pessoas da esquerda para a direita): Wilson Nandi de Medeiros (Marcopolo), André Martin (ex NuCellsys), Bart VanOuytsel (ex Hydrogenics), Rose Diegues (PNUD), Acher Mosse (EPRI International), Monica Saraiva Panik (Gerente do Projeto pelo Consórcio), Márcio Rodrigues Alves Schettino (ex EMTU), Guido Bunzel (NuCellsys), Silvano Pozzi (Ballard Inc), Luiz José Fernandes Jr. (ex AES Eletropaulo), Maria Helena Frank (Petrobras), Joyce Ozório (EPRI Internacional), Ferdinand Panik (Gerente Técnico do Projeto pelo Consórcio).

grande desafio, mas eu desejava algo ainda mais difícil de se realizar. Algo que parecia missão impossível para a maioria das pessoas. Felizmente encontrei parceiros e pessoas, que também acreditavam que o sonho se tornaria realidade um dia e trabalhamos arduamente juntos. Encontramos muitas pedras pelo caminho, mas elas nunca foram razão para desistir.

**PROLOGUE**

Monica Saraiva Panik

*Just as the "Brazilian Fuel Cell Bus Project", this book has been conceived with the objective to leave a contribution to the future generation of our children, grandchildren, great grandchildren, passing from generation to generation. We will not be around forever to talk personally about this history of international cooperation, mutual trust, hard work, vision and courage; however, people will be able to read this book when they need some encouragement, motivation and need to add meaning to their lives.*

*This book is divided into chapters, as is the project which is divided into milestones to be achieved. The chapters and the milestones are described by the project partners consisting of: the entities, governmental authorities and industries. Each partner describes in its own words: its vision, a little bit of its history, objectives, political strategy, products and services, and the experiences and lessons learned on the project. By reading this book the public will be able to participate in our challenge and may use our history to help overcome their day to day challenges.*

First Steering Committee Meeting after the project launching event on November 14th, 2006 (people from the left to the right): Wilson Nandi de Medeiros (Marcopolo), André Martin (former NuCellsys), Bart VanOuytsel (former Hydrogenics), Rose Diegues (PNUD), Acher Mosse (EPRI International), Monica Saraiva Panik (Project Manager for the Consortium), Márcio Rodrigues Alves Schettino (former EMTU), Guido Bunzel (NuCellsys), Silvano Pozzi (Ballard Inc), Luiz José Fernandes Jr. (former AES Eletropaulo), Maria Helena Frank (Petrobras), Joyce Ozório (EPRI Internacional), Ferdinand Panik (Technical Project Manager for the Consortium).

*My name is Monica Saraiva Panik and I am Brazilian working in Germany for the past 11 years. I feel very privileged for having been involved in the Brazilian Fuel Cell Bus project since its early planning stages, when Ballard and NuCellsys first received the information that the UNDP and the GEF have started a program to support fuel cell projects in developing countries.*

*I clearly remember this as if it just happened yesterday. In May 1998 I started working at Ballard Automotive, then moved to "dbb", which became Xcellsys, then Ballard AG, then finally NuCellsys. In the beginning a small and dedicated team wanted to show the world that the fuel cell technology was the most promised technology to reduce CO<sub>2</sub> and greenhouse emissions. The world liked the idea, requested more and more efforts and presented challenges to overcome; our group in Nabern at one time became over 1,000 employees. The fuel cell industry has been established and the market is looking forward to seeing more fuel cell vehicles on the road. All fuel cell demonstrations projects so far have been very successful. The costs still needs to be reduced, however, after overcoming so many challenges, there is no doubt that this one will also be overcome. The fuel cell technology was already a big challenge in May 1998, but I wanted an even greater challenge, which somehow has always been looked at by many, as an impossible mission. Fortunately, I have found partners and people who have also believed in this dream and together we have worked hard to achieve our goals. There were a lot of stones to be over turned in our path but those were never a reason to give up.*

**PREÂMBULO**

PESSOAS, DATAS E FOTOS INESQUECÍVEIS

**PROLOGUE**

UNFORGETTABLE PEOPLE, DATES AND PICTURES



O fato de eu ter escrito este preâmbulo mostra que nunca devemos desistir de nossos sonhos. E que sonhos foram estes que nos mantiveram motivados durante tantos anos? É o sonho de viver em uma grande cidade sem sofrer com os efeitos da poluição do ar e sonora. O sonho de contribuir para que o Brasil participe ativamente de um momento de transformação nas áreas de energia e transporte e desempenhe um papel importante no cenário internacional.

Quais foram os desafios que marcaram a implementação do projeto? O primeiro foi explicar ao mundo porque o Brasil, porque São Paulo e finalmente porque a EMTU formariam juntos o cenário ideal para a introdução de uma tecnologia de ponta na área de transporte urbano. Explicamos que o Brasil é aberto à introdução de novas tecnologias e combustíveis alternativos, e é exemplo de pioneirismo mundial na comercialização em grande escala de combustíveis alternativos, como o álcool. Possui um dos maiores mercados e indústria de ônibus mundiais, o que representará um papel importante na comercialização de célula a combustível, acelerando a produção em série e reduzindo custos. E seus inúmeros recursos de energia

renovável oferecem excelentes opções para produção de hidrogênio sustentável e implementação de infra-estrutura. São Paulo é uma das maiores regiões metropolitanas do mundo, onde há preocupação no controle da poluição e apoio governamental a projetos que beneficiem o meio-ambiente. Além disso, 70% da poluição do ar vem do transporte e transporte público é principalmente feito por ônibus. O mercado necessita melhor qualidade de transporte e geração de energia renovável. Com tantos bons argumentos, parece ter sido fácil convencer as pessoas. Mas não foi. Demorou 4 anos, com a produção de toneladas de documentos, estudos, análises e apresentações, desde o primeiro estudo de viabilidade até aprovação do projeto pelo PNUD e pelo GEF. Finalmente depois do conceito aprovado e orçamento disponível, parecia que seria fácil encontrar empresas dispostas a implementar o projeto. Mas também não foi. Demoramos 3 anos para encontrar os parceiros certos e formar o consórcio hoje registrado na junta comercial de São Paulo com o nome de "Ônibus à Célula a Combustível a Hidrogênio para Transporte Urbano no Brasil". É verdade que optamos sim pelo caminho mais difícil, porém o melhor para o projeto, para a tecnologia e

para o Brasil. Optamos por dar preferência a empresas estabelecidas no Brasil, com profissionais e infra-estrutura para absorver a disseminação desta nova tecnologia; por usar componentes certificados e comprovados de empresas experientes e líderes de mercado e por desenvolver no Brasil um conceito de ônibus que seja competitivo mundialmente e atenda às exigências do transporte urbano. Fizemos uma pesquisa detalhada de mercado e selecionamos as empresas que estão disseminando experiência e know-how promovendo o desenvolvimento da indústria nacional. Em ordem alfabética: AES Eletropaulo (São Paulo – Brasil), Ballard Power Systems (Vancouver – Canadá), EPRI International (Palo Alto – Estados Unidos), Hydrogenics (Mississauga – Canadá), Marcopolo (Caxias do Sul – Brasil), Nucellsys (Nabern – Alemanha), Petrobras (Rio de Janeiro – Brasil) e Tuttotrasporti (Caxias do Sul – Brasil).

No innovations, no jobs. Sem a introdução de novas tecnologias o mercado se esgota, a produção diminui gradualmente e as empresas entram em processo de decadência. São as novas tecnologias que promovem a geração sustentável de empregos e capacitação de mão de obra. Mas além da liderança de mercado e da competência técnica, o que essas empresas têm em comum e o que as difere de tantas outras candidatas a implementar um projeto desse porte? Na verdade o que realmente as difere de tantas outras empresas, são as pessoas que trabalham e trabalharam nelas. Foram as pessoas que trabalham e trabalharam nas empresas membros do consórcio, na EMTU, no PNUD, no GEF, no Ministério de Minas e Energia, na FINEP e no Governo do Estado de São Paulo, que contribuíram para viabilização deste projeto e que não pouparam esforços para que pudéssemos atingir nossos objetivos. São profissionais cuja visão global e o compromisso com o meio-ambiente e com o desenvolvimento sustentável é maior do que os obstáculos do dia a dia. Cuja sede por novas tecnologias é maior do que o medo de optar pelo novo. Cujo espírito empreendedor as faz capazes de promover mudanças, de dar um passo a frente em benefício de novas gerações. Para essas pessoas o amanhã é daqui há alguns anos,

quando nossos filhos, netos e bisnetos poderão colher os frutos do nosso trabalho.

O projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio é uma semente sólida, a qual plantamos em solo rico e em um ambiente propício para que ela cresça e gere muitos frutos sócio-econômicos, meio-ambientais e científicos. Projetos de demonstração de tecnologias avançadas em estágio inicial de desenvolvimento proporcionam o envolvimento antecipado da indústria nacional e trazem disseminação de experiência e know-how promovendo o desenvolvimento da indústria, treinamento, capacitação de profissionais, geração de empregos, criação de novas oportunidades de negócios, aceleração no desenvolvimento e introdução de tecnologias limpas, encorajando o uso de energias renováveis e a preservação do meio-ambiente, ampliando a gama de produtos para o comércio exterior e promovendo a melhoria de qualidade do transporte urbano.

Alguns ônibus célula a combustível não mudarão o cenário da cidade de São Paulo a curto prazo, mas darão o primeiro passo em direção ao futuro e mostrarão que o sonho, pode sim, se tornar realidade. Hoje, com 11 anos de trabalho investidos neste projeto, andando com orgulho no

Ônibus Brasileiro a Hidrogênio, nós não olhamos para trás, e sim para frente esperando ver mais ônibus movidos à célula a combustível rodando nos corredores da EMTU. O sonho chamado "Ônibus Brasileiro a Hidrogênio" se tornou realidade, e nós continuamos trabalhando e sonhando com mais ônibus destes nas ruas brasileiras e ao redor do mundo. Algumas pessoas podem dizer que essa é mais uma missão impossível, mas nós continuamos trabalhando e andando para frente no ônibus Brasileiro a Hidrogênio, sorrindo para o futuro. Aqueles que ainda duvidam que célula a combustível é a tecnologia mais promissora para reduzir o efeito estufa e proteger o meio-ambiente, pertencem a um grupo que vive no passado. Aqueles que continuam acreditando, são pessoas de sorte, com ampla visão, coragem e perseverança. O futuro e nossas crianças estão contando conosco e torcendo para que nunca desistamos. Para finalizar, gostaria de agradecer a todos os parceiros e a todas as pessoas que trabalharam por este projeto dos nossos sonhos, por sua dedicação, confiança, esforços incansáveis e trabalho pesado. E em especial aquelas pessoas inesquecíveis, cuja valiosa contribuição nos permitiu implementar o projeto com sucesso e consequentemente fazer este livro.

*The fact that I have written this prologue shows that we shall never give up our dreams. And what are those dreams that motivate so many people? It is the dream to live in a big city without suffering from the effects of air and noise pollution, the dream to contribute towards the Brazilian's active participation in the transformation moment of the energy and transportation sectors, and to play an important role in the international scenario.*

*What were the main challenges that marked the project implementation? The first challenge was to explain to the world why Brazil, why São Paulo and why EMTU, would together form a perfect scenario for the introduction of an advanced technology in urban transportation. We explained that Brazil is open to new technologies and alternative fuels, and is a pioneer example in the commercialization of alternative fuels in big scale, such as the ethanol. Brazil also has one of the biggest bus market and bus industry worldwide, which will represent an important role in the commercialization of fuel cell, accelerating the series production and*

*reducing costs. And its several sources of renewable energy offer excellent options to the production of sustainable hydrogen and infra-structure. São Paulo is one of the biggest metropolitan region worldwide, where there is awareness for control of local pollution and governmental support to projects, which benefit the environment. In addition, emissions from the buses account for 70% of local air pollution from transportation and public transportation system. The market demands better transportation quality and renewable energy generation. With so many good arguments, it seemed easy to convince people. But this was not the case. It took 4 years and the production of piles of documents, studies, analysis and presentations, before obtaining a go ahead from the UNDP and the GEF. Once the concept was approved and the budget made available, it seemed as if it would easy to find companies willing to join us on the project implementation phase. But this was not the case. It took additional 3 years to find the right partners. It is true that we chose the most difficult path but we believed it was the best path for the project, for the technology and for Brazil.*

*We chose to give preference to companies established in Brazil, with professionals and infrastructure enough to absorb the dissemination of this new technology; to use certified components of experienced and market leading companies; and to develop in Brazil a concept, which can be competitive worldwide and which attends to the needs of urban transportation. We performed a detailed market research and selected the companies that are here today. These companies are disseminating their experience and know-how, promoting the development of the national industry. The companies in alphabetic order are: AES Eletropaulo (São Paulo – Brazil), Ballard Power Systems (Vancouver – Canada), EPRI International (Palo Alto – USA), Hydrogenics (Mississauga – Canada), Marcopolo (Caxias do Sul – Brazil), Nucellsys (Nabern – Germany), Petrobras (Rio de Janeiro – Brazil) and Tuttotrasporti (Caxias do Sul – Brazil).*

*No innovations, no jobs. Without the introduction of new technologies the market drains, the production decreases gradually and the companies start a process of decadence. Only new technologies promote a sustainable job creation and man-power qualification. But besides the market leadership, experience and technical competence, what do these companies have in common that distinguishes them from other potential candidates to implement a project of this level? What really distinguishes them from other companies are the people, who work or have worked at the companies members of the consortium, at EMTU, at the UNDP, at the GEF, at the Ministry of Mines and Energy, at FINEP and at the São Paulo State Government, all of whom have contributed in the realization of this project. They are professionals, whose global vision and commitment with the environment and with sustainable development is larger than the day to day obstacles, whose thirst for new technologies is larger than the fear to choose the new, whose entrepreneur spirit makes them capable to promote changes, and to take that step further for the benefit of future generations. For these people, tomorrow is in several years from*

*now, when our children, grandchildren and great-grandchildren will harvest the fruits of our work.*

*The Brazilian Fuel Cell Bus project is a solid seed, which we have planted in rich soil and in an environment where it can grow and produce several fruits; social-economic, environmental and scientific. Demonstration projects of advanced technologies in its early development' stage, promote the dissemination of know-how and experience, accelerate industry development, promote training, create new business opportunities and jobs, accelerate the development and introduction of clean technologies, encourage the use of renewable energies and the environment protection, broad the range of products for export and promote the improvement of the urban transportation quality.*

*A few fuel cell buses won't change the conditions in São Paulo in the short run, however, it is the first significant step towards a better future and it also shows that the dream can indeed become true.*

*Today, almost 11 years later, driving proudly in the Brazilian Fuel Cell Bus, we don't look*

*behind but we look forward to seeing more of fuel cell buses driving along the EMTU bus corridor. The dream called "Brazilian Fuel Cell Bus" has become a reality and we will continue to work to place more and more fuel cell buses on the Brazilian streets and around the world. Some people may say again that this is an impossible mission, but we keep working and driving further on the Brazilian Fuel Cell Bus smiling to the future.*

*The ones who still doubt that fuel cell is the most promised technology to reduce greenhouse emissions and protect the environment, belong to a group which lives in the past. The ones who keep believing in it are the lucky ones, with a broad vision, courage and perseverance. The future and our children are counting on those brave ones and hoping they will never give up.*

*Finally, I would like to very much thank all the partners and all the people, who have worked for this dream project and project dream, for your dedication, trust, cooperation, tireless efforts and hard work, and specially those unforgettable people, whose valuable contribution enabled us to successful implement the project and to publish this book.*

**PESSOAS INESQUECÍVEIS DE 1998 A 2009 (em ordem alfabética)**  
**UNFORGETTABLE PEOPLE FROM 1998 TO 2009 (in alphabetic order)**

O projeto “Ônibus Brasileiro a Hidrogênio” agradece os esforços de todas as pessoas inesquecíveis listadas abaixo, e muitas outras, as quais talvez tenhamos nos esquecido momentaneamente.

*The “Brazilian Fuel Cell Bus Project” thanks the efforts of all unforgettable people listed below and so many others, who we may have shortly forgotten.*

**Eles desempenharam um papel importante e prestaram uma valiosa contribuição durante a preparação do estudo de viabilidade e aprovação do projeto:**  
*They played an important role and gave a valuable collaboration during the feasibility study and project approval:*

Adriano Murgel Branco, Alberto Alves, Andrew Stuart, Carlos Eduardo Lemos, Carola Ring, Christian Gerber, Claudio de Senna Frederico, Craig M. Lang, Cynthia Page, Eric Larson, Ennio Peres da Silva, Ernesto Gonzalez, Gabriel Murgel Branco, Georg Riegel, Henk Waling, John Wormald, Kurt J. Stürmer, Marcos Madureira, Maria Alice Madureira, Mário Luz, Matthias Kleinert, Miguel A. Souza, Monika Kentzler, Oscar de Lima e Silva, Peter Hartmann, Régis Rodrigues Braz, Roger Billings, Rosario Berretta, Sebastian Medina, Werner Schnurrenberger.

**O projeto não existiria sem a contribuição destas pessoas... Eles desempenharam um papel importante durante o início do projeto, durante a preparação do estudo de viabilidade, durante a fase de formação do consórcio, durante a fase de negociação de contrato e durante a implementação do projeto:**

*The project wouldn't exist without these people. They played a vital role during the project's start, during the feasibility study phase, during the consortium formation phase, during the contract's phase and during the project implementation phase:*

Agenor Boff, André Martin, Bill Crilly, Bob Graham, Bruna Tonani Pereira, Carlos Castro, Carlos Roberto Xavier Zündt, Cláudio Júdice, Demóstenes Barbosa da Silva, Emílio Batista, Ferdinand Panik, Firoz Rasul, Guido Bunzel, José Antonio Fernandes Martins, José Fernando Contadini, José Luiz Goes, José Rubens de la Rosa, Judit Nagy Alevi, Manuel Specker, Marcio Junqueira de Souza e Silva, Márcio Rodrigues Alves Schettino, Marcos Correia Lopes,

Maria Helena Troise Frank, Marieta Mattos, Monica Saraiva Panik, Neil Otto, Octacílio de Oliveira Ribeiro, Pedro Tietböhl, Rainer Bauer, Ricardo Dutra Iglesias, Ricardo Ferreira de Sousa, Richard Hosier, Rose Peixoto Diegues, Sidney Gonçalves, Silvano Pozzi Jr., Stephanie Chan, Symone Christine de Santana Araujo, Thea Vieira, Wellington Carlos Anacleto.

**Este livro não existiria se não fosse o trabalho destas pessoas:**  
*This book wouldn't exist without the work of these people:*

Airton Santos, Carlos Roberto Xavier Zündt, Ilce Cunha, Leonardo Borba Mazzini, Marcos Gonçalves, Márcio Nogueira, Maria Helena Troise Frank, Monica Saraiva Panik, Paulo Fernando Isabel dos Reis, Pedro Villalobos, Ricardo Roriz.

**Pessoas que trabalham nas instituições parceiras:**  
*People from the partner's institutions:*

**EMTU/SP – Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo S.A** – Antonio Carlos de Moraes, Beatriz Buschel Pasqualino, Carlos Roberto Xavier Zündt, Fabio Bernachi Maia, João Cabral, José Eduardo Marques Cupertino, José Maurício Braga, Judit Nagy Alevi, Julio Antônio de Freitas Gonçalves, Karin Regina de Casas Castro Marins, Luiz Batista de Souza, Marcos Correia Lopes, Nilton Aparecido Afonso, Regina Helena Teixeira, Rosemeire Zilio Sakamoto, Rui Stefanelli, Wilson da Silva.

**FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos** - Laércio de Sequeira, Murilo Azedo Guimarães, Roberto Oliveira Neves, Hildinea Alves Medeiros.

**MME – Ministério de Minas e Energia** - Bruna Tonani Pereira, Karina Gomes Barbosa, João José de Nora Souto, José Lima de Andrade e Silva, Marco Antônio Martins Almeida, Symone Christine de Santana Araújo.

**PNUD – Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas** - Carlos Castro, Faris Khader, Fernando Barbieri, Frank Pinto, Jorge Leandro dos Santos de Oliveira, Luana Assis de Lucena Lopes, Marcel Alers, Monica Azar, Narue Shiki, Oliver Page, Ricardo Jatoba, Ricardo Dutra Iglesias, Rose Diegues Peixoto, Jurema Varejão, Patricia Simão.

**Pessoas que trabalham nas empresas membros do consórcio:**

*People from the Consortium Members' companies:*

**AES Eletropaulo** – Artur Tavares Resende, Demóstenes Barbosa da Silva, Gláucia Lea Santiago, José Luiz Cavaretti, Paulo Guilherme Pereira, Samy Hotimsky, Sylvio Almeida, Valéria Oliveira, Vagner Fernandes, Valdivino Carvalho.

**Ballard Power Systems** - Byron Somerville, Chris Hall, Daljit Bawa, Geoff Budd, Jake Deeval, Jason Cox, Jeff Grant, Jennifer Kay, Paul Cass, Silvano Pozzi Jr..

**EPRI International** – Andra Rogers, Acher Mosse, Darlene Patlan, Dennis Murphy, Ferdinand Panik (contractor), Karen Larsen, York Huang, Jeremy Dreier, Josette LaCaria, Joyce Ozório, Marcy Timberman, Mark Duvall, Manuel Specker (contractor), Monica Saraiva Panik (contractor), Volker Pasternak.

**Hydrogenics** – Ismail Ozhan, Odélia Serodio, Salim Pirani.

**Marcopolo** – Alessandro Bernardo Marchesan, Almir Vargas, Andre Luis de Oliveira, Carlos Casiraghi, Cristiana Weirich, Dinor Jose Moretto, Edson Mainieri, José Antonio Fernandes Martins, Jocelita Luvizon, José Luiz Goes, José Rubens de la Rosa, Leandro Sodré, Luis Ribeiro, Maurício Castilhos, Meri Steiner Fonseca, Paulo Guarese, Protássio Silva, Roberto Poloni, Ruben Bisi, Walter Cruz, Yuri Caio.

**Nucellsys** – Andreas Nitsche, Cornelia Pesi, Guido Bunzel, Dagmar Hablitzel, Dolores Hitz, Günter Hiller, Hans-Joachim Biegner, Humphrey Mwaura, Klaus Graage, Massimo Venturi, Rainer Bauer, Simone Galkowski, Thomas Schaal, Traudl Kneile, Uwe Walter, Wolfgang Liebl.

**Petrobras Holding & Petrobras Distribuidora** – Antonio Alexandre Ferreira Correia, Elisabete Gaspar Calazans Rodrigues, Fernando Baratelli Junior, Giancarlo Uzeda, Guilherme da Silva Telles Naegeli, Leonardo Borba Mazzini, Liza Albuquerque, Maria Helena Troise Frank, Newton Reis de Moura, Paulo Fernando Isabel dos Reis, Pedro Villalobos, Renato Vieira.

**Tuttotrasporti** - Agenor Boff, Alencar Pereira, Emílio Batista, Erni Luiz Camello, Jurandir Isotton, Leila Boldrini, Marcos Moreira, Sidney Gonçalves, Vanderlei de Oliveira Souza (primeiro motorista a dirigir o Ônibus Brasileiro a Hidrogênio/first driver to drive the Brazilian Fuel Cell Bus), Wellington Carlos Anacleto.

**Pessoas que trabalham nas empresas principais fornecedoras:**

*People from the main suppliers' companies:*

**Air Liquide** – Antonio Cesar Avanci, Luiz Felipe Rodrigues.

**Daimler Insurance** – Ulf Schmidt  
**Dynetek** – Dan Gleason, Don Fraser, João Nunes (Bee Engenharia).

**Linde** – Helmuth Beck, Rodrigo Almeida, Ulisses Hamabata Jr.

**Mercedes-Benz Corretora de Seguros** – Adriana Martineli, Peter Köpke, Roberto Kusaba.

**Minas Brasil** – Walter Pereira

**Modine** – Mark Voss, Luciano Sonego Horita (Radiadores Visconde).

**MSC** – Álvaro da Costa Neto, Marcelo Prado, Rodivaldo Cunha.

**MS-DEA** – Elisabetta Ballato, Renato Manzoni, Roberto Paião (Cebis).

**Siemens** – Bernd Hackl, Claudino Antonio M Grilo, Eugen Holl, Jeannette Heinz-Drayton, Jürgen Fetzer, Marcus Vinicius Sanches de Carvalho, Stefan Reidt, Swen Ruppert.

**Zurich** – Roland Gerds.

**Pessoas que trabalham na empresa concessionária, operadora do ônibus:**  
*People from the bus operator company:*

**Metra** – Antonio de Souza, Carlos Alberto Sigiliano, Erick Albuquerque da Cruz, Fernando Ferreira Belarmino, João Antônio Setti Braga, João Carlos Barbosa, José Lindolfo Soares, Marcos Antonio Gaeta, Maria Beatriz Setti Braga, Marilza Valença.

**Pessoas que trabalharam nas instituições parceiras, nas empresas membros do consórcio, nas empresas principais fornecedoras e na empresa Concessionária:**  
*People from the project partners' institutions, from the consortium members' companies, from the main suppliers and from the bus operator company:*

Agostinho Pascalicch, Alan Meissner, Cesar Cals, Cláudio Henrique Guima, Cristina Montenegro, Daren Pemberton, Dennis Campbell, Emma Torres, Fabiana Zaplogistica, Fúlvio Andrade, Gerda Gutjar, Gullo Martins, Gustavo Zolet, Iran Zolet, Jasmin Schnepf, Joaquim Lopes da Silva Jr., Jochen Straub, José Ignácio Sequeira de Almeida, Juliana Falcão, Juliana Leite Cavalcanti, José Luiz Albertin, Jurandir Fernando Ribeiro Fernandes, Luiz Hernandes, Mairi Serpas, Manoel Fernandes Martins Nogueira, Marcos Kassab, Marcos Seivers, Marcos Marcondes, Mariano Michel Bergman, Mossadiq

Umedaly, Nalu Biasus, Nick Remple, Noordin Nanji, Otávio Oliveira, Rene Mandeville, Ricardo Salgado, Sebastian Wider, Sharron Millar, Thomas Rösch.

**A Equipe Técnica do Ônibus:**  
*The Bus Technical Team:*

Emílio Batista (Tutto), Ferdinand Panik (Contractor EPRI), Guido Bunzel (Nucellsys), José Luiz Goes (Marcopolo), Manuel Specker (Contractor EPRI), Rainer Bauer (Nucellsys), Sidney Gonçalves (Tutto), Silvano Pozzi Jr. (Ballard), Wellington Carlos Anacleto (Tutto).

**A Equipe Técnica da Estação de Abastecimento de Hidrogênio:**  
*The Hydrogen Fuelling Station Technical Team:*

Antonio Alexandre Ferreira Correia (BR Distribuidora), Maria Helena Troise Frank (Petrobras Cenpes), Paulo Fernando Isabel dos Reis (Petrobras Cenpes), Salim Pirani (Hydrogenics), Valéria Oliveira (AES Eletropaulo).

**A Equipe de Advogados, que contribuiu para finalizar com sucesso as negociações do contrato:**

*The Legal Team, who has helped to successfully complete the contract's negotiations:*

Giancarlo Uzeda (Petrobras), Frederico da Silveira Barbosa, Fábio Luiz Peduto e Eduardo Xavier (Sertori, Barbosa e Spalding Advogados), Maurício Castilhos (Marcopolo), Ricardo Sanchez e Raphael Zono (Felsberg), Volker Pasternak (EPRI International).

**A Equipe de logística e despacho aduaneiro, que contribuiu para importar e exportar com sucesso os componentes do ônibus e da estação de hidrogênio:**  
*The Logistic and Custom Release Team, who has helped to successfully import & export components of the bus and of the hydrogen station:*

Claudia Motta (Equipelog), Clesio Jaques (Equipelog), Nilson Motta (Equipelog), Ricardo Ferreira de Souza (Equipelog), Ricardo Dutra Iglesias (PNUD), Saleti Passos (Millenium), Toninho (Pan Americana), Valdecir Francisco Santos (Pan Americana).

**A Equipe de Testes da NETZ, empresa que está testando o Ônibus Brasileiro a Hidrogênio:**  
*The Test Team from NETZ, the company which is testing the Brazilian Fuel Cell Bus:*

Gabriel Amadei, José Eugenio da Silva, Lázaro Azêdo, Luso Ventura, Nelson Kayano, Paulo Gentil, Wagner Fonseca.

**Motoristas e Profissionais que fizeram o primeiro Treinamento de Operação e Manutenção do Ônibus e Abastecimento de Hidrogênio:**

*Drivers and Technical representatives, who have done the first Bus Operation and Maintenance and Hydrogen Fueling Training Course:*

**EMTU/SP:** João Cabral, Márcio Cardoso, Marcos Correia Lopes, Paulo Rogério de Leão da Rocha, Sérgio Marcelino.

**METRA:** Alberto Michel Malfati, Andrea Maria Fazolin (primeira mulher a dirigir o Ônibus Brasileiro a Hidrogênio/first woman to drive the Brazilian Fuel Cell Bus), Antônio de Melo Filho, Antônio de Souza, Antônio Lázaro de Barros, Brás Minuceli, Carlos Alberto de Almeida, Fabiano de Jesus Silva, Henrique Alves G. De Menezes, João Alves Siqueira, Marilza Valença, Miguel Rodrigues da Silva Junior, Paulo César de Queiroz, Paulo Roberto Chagas, Rosalvo Ribeiro Miranda, Sebastião Delfino Pereira.

**O Gerente Técnico de Projeto pelo Consórcio:**

**Prof. Dr. Ferdinand Panik** – ex-vice presidente da Daimler Fuel Cell Project House. Graças a sua contribuição, a tecnologia de célula a combustível saiu do estágio de pesquisa para o de desenvolvimento, uma nova indústria se formou mundialmente, inúmeros projetos foram implementados e cerca de 300 veículos movidos à célula a combustível já rodaram mais de 2 milhões de quilômetros em 15 países. Graças a sua competência e trabalho árduo, o Ônibus Brasileiro a Hidrogênio foi contruído e foi considerado pelos engenheiros, o melhor ônibus à célula a combustível do mundo.  
*The Consortium Technical Project Manager:*

*Prof. Dr. Ferdinand Panik, – former Vice-President Daimler Fuel Cell Project House. Thank to his contribution the fuel cell technology left the research stage and entered into development toward commercialization. The fuel cell industry has been formed worldwide, several demonstration projects have been successfully implemented and approx. 300 fuel cell vehicles have driven more than 2 million kilometers in 15 countries. Thanks to his competence and hard work, the Brazilian Fuel Cell Bus has been built and is considered by the engineers, the best fuel cell bus worldwide.*





**O Ônibus Brasileiro a Hidrogênio, segundo Ferdinand:** "Com este conceito, foi criado um grande comprometimento, sensacional motivação e uma vontade de assumir responsabilidades e trabalhar juntos em um time internacional, para receber experiência e para se beneficiar do processo de transferência de tecnologia para o Brasil. Foram realizadas viagens a Europa para adquirir informações e se familiarizar com a tecnologia e seu estado mais avançado, e conhecer as experiências positivas e negativas do programa CUTE, as quais fizeram crescer ainda mais a ambição do time brasileiro para fazer o "Ônibus Brasileiro a Hidrogênio" ainda melhor. Em todas as etapas, a vasta experiência dos parceiros brasileiros em tecnologias de ônibus e gerenciamento de energia, foi de extrema importância. Adicionalmente, a dedicação para adaptar uma tecnologia, a qual oferece possibilidade de reforçar a liderança brasileira em aplicar sustentabilidade nas áreas de energia renovável e de transporte no país. Essa dedicação foi, e é, uma das extraordinárias experiências que pudemos aprender com as equipes brasileiras e o que ajudou muito a transpor uma série de problemas administrativos, causados principalmente pela logística envolvida em amplos e complexos projetos internacionais como este."

**Datas Inesquecíveis:**

- Mai 1999** Relatório Final da Fase I - Pré-Estudo de Viabilidade", Ministério de Minas e Energia "Estratégia Meio-Ambiental para Energia: Ônibus à célula a combustível a hidrogênio para o Brasil (ESE/HB)"
- Outubro 1999** Documento de Discussão disponível pelo PNUD GEF, Nova Iorque; "Participação do GEF na Comercialização de Ônibus à Célula a Combustível"
- Novembro 2000** O Conselho do GEF decidiu desenvolver 5 Projetos de Demonstração de Ônibus à Célula a Combustível no Brasil, México, Egito, China e Índia.
- Janeiro 2002** O PNUD publicou o edital de convite para cartas de Expressão de Interesse 1089/2001
- Fevereiro 2002** A Ballard (célula a combustível) respondeu juntamente com a Stuart Energy (eletrolisador) e a Marcopolo (carroceria) manifestando interesse.
- Novembro 2004** O PNUD publicou o Edital com Especificações Técnicas do Projeto BRA/99/G32
- Novembro 2004** Os parceiros do consórcio assinaram e enviaram ao PNUD um Memorando de Entendimentos e uma proposta técnica e comercial.
- Junho 2005** Consortium Agreement assinado por todas as empresas membros do consórcio.
- Novembro 2005** Contrato com o PNUD assinado por todas as empresas membros do consórcio.
- Janeiro 2006** PNUD assinou o Contrato e o Primeiro Adendo.
- Mai 2006** Primeiro Adendo do contrato com o PNUD assinado por todas as empresas membros do consórcio.
- Novembro 2006** Evento de Lançamento do Projeto "Ônibus Brasileiro a Hidrogênio" na EMTU

**Unforgettable Dates:**

- May 1999** *Final Report on Phase I - Pre-Feasibility Study", Ministry of Mines and Energy "Environmental Strategy for Energy: Hydrogen Fuel Cell Buses for Brazil (ESE/HB)"*
- October 1999** *Discussion Paper available from UNDP GEF, New York; "GEF Participation in Fuel Cell Bus Commercialization"*
- November 2000** *The GEF Council decided to develop 5 Fuel Cell Bus Demonstration Projects in: Brazil, Mexico, Egypt, China and India.*
- January 2002** *The UNDP published the procurement notice - Contract/Bid Number: Expression of Interest 1089/2001*
- February 2002** *Ballard (Fuel Cell) has replied expressing interest together with Stuart Energy (electrolyser) and Marcopolo (body builder).*
- November 2004** *The UNDP published the Invitation to Bid with the Technical Specifications of the PROJECT BRA/99/G32*
- November 2004** *The Consortium partners signed and delivered to the UNDP a MOU and a technical and commercial proposal.*
- June 2005** *Consortium Agreement signed by all companies members of the consortium.*
- November 2005** *UNDP Contract signed by all companies members of the consortium.*
- January 2006** *UNDP Contract and its First Amendment signed by the UNDP.*
- May 2006** *First Amendment of the UNDP Contract signed by all companies members of the consortium.*
- November 2006** *"Brazilian Fuel cell Bus" Project Launching Event at EMTU facilities*

**A performance do Ônibus Brasileiro a Hidrogênio é em todos os aspectos melhor que a dos ônibus do projeto CUTE:**

- A dirigibilidade é excelente, com boa potência, e superior em torque, aceleração e comportamento em subidas.
- O nível de ruído exterior e interior são melhores que os dos ônibus CUTE e com certeza melhores que os dos ônibus diesel convencionais.
- O consumo de combustível é em média de 15 kg/100km de hidrogênio, significativamente abaixo da média de 24, 2 kg/100km dos ônibus do programa CUTE.

**The Brazilian Fuel Cell Bus, according to Ferdinand:**

"With this concept, a lot of commitment and motivation was created and the willingness to take over responsibility and to work close together in an international team in order to gain experience and to benefit from the process of technology transfer to Brazil was great. Information trips were done to Europe in order to become familiar with the "state of the art" and the positive and as well negative experiences in the CUTE program and the ambition in the Brazilian teams grew to even make it better. In all this steps the broad experiences of the Brazilian partner in bus technology and energy management

*were of ultimate importance and in addition the dedication to adapt a technology which offers further possibilities to strengthen Brazilians leading position in applying sustainable energy and transportation in the country. This dedication was and is one of the outstanding experiences we could learn from the Brazilian teams and it helped to overcome a lot of administrative problems mainly caused by logistic problems in a broad international program.*

**The performance of the Brazilian bus is with all this measures taken in all aspects superior compared to the CUTE buses:**

- *Drivability is excellent, well powered, with superior torque, acceleration and climbing behavior*
- *The exterior and interior noise levels are better than those of the CUTE buses and of course better than those of conventional diesel buses*
- *The fuel consumption is with an average of 15 kg/100km hydrogen significantly below of the average value of 24, 2 kg/100km of the CUTE program".*

**A Gerente de Projeto pelo Consórcio: The Consortium Project Manager:**

Monica Saraiva Panik

**Principais Milhagens e Fotos Inesquecíveis:**

- 12 de maio de 2006**
- 31 de outubro de 2006**
- 22 e 23 de janeiro de 2007**
- 1 de fevereiro de 2007**
- 3 de outubro de 2007**
- 22 de julho de 2008**
- 28 de abril de 2009**
- 3 de maio de 2007**
- 6 de julho e 27 de agosto de 2007**
- 31 de dezembro de 2007 e 18 de janeiro de 2008**

**Main Milestones and Unforgettable Pictures: May 12th 2006**

- October 31st 2006**
- January 22nd and 23rd 2007**
- February 1st 2007**
- October 3rd 2007**
- July 22nd 2008**
- April 28th 2009**
- May 3rd 2007**
- July 6th & August 27th 2007**
- December 21st 2007 & January 18th 2008**

- Milhagem 1 – Assinatura do contrato entre o PNUD e os membros do consórcio
- Milhagem 2 - "Especificações Técnicas"
- Milhagem Ônibus 3 "FAT Sistema à Célula a Combustível"
- Milhagem Ônibus 3 "FAT Chassis" e "FAT Estrutura da Carroceria"
- Milhagem Ônibus 4 - "FAT Ônibus no modo Bateria"
- Milhagem Ônibus 5 - "Protótipo Completo no modo Híbrido Hidrogênio"
- Milhagem Ônibus 6 - "Protocolo de Testes Funcionais"
- Milhagem Estação de Hidrogênio 3 - "Recebimento dos Principais Equipamentos na Fábrica"
- Milhagem Estação de Hidrogênio 4 - "FAT Principais Equipamentos"
- Milhagem Estação de Hidrogênio 5 – "Recebimento dos Principais Equipamentos na EMTU"

- Milestone 1 – Signature of the contract between the UNDP and the Consortium Members*
- Milestone 2 - "Technical Specifications"*
- Bus Milestone 3 "FAT Fuel Cell System"*
- Bus Milestone 3 "FAT Chassis" and "FAT Body Structure"*
- Bus Milestone 4 - "FAT Bus on Battery Mode"*
- Bus Milestone 5 – "Completion Prototype Hybrid Hydrogen Power"*
- Bus Milestone 6 - "Functional Tests Protocol"*
- H2 Station Milestone 3 - "Receipt of Major Equipment at Factory"*
- H2 Station Milestone 4 - "FAT Major Equipment"*
- H2 Station Milestone 5 - "Receipt Major Equipment Site"*



22 e 23 de janeiro de 2007 Milhagem Ônibus 3 "FAT Sistema à Célula a Combustível" January 22nd and 23rd 2007 Bus Milestone 3 "FAT Fuel Cell System"



1 de fevereiro de 2007 Milhagem Ônibus 3 "FAT Chassis" e "FAT Estrutura da Carroceria" February 1st 2007 Bus Milestone 3 "FAT Chassis" and "FAT Body Structure"



17 a 20 de abril 2007 em Caxias do Sul – Vistoria da Carroceria e Workshop de Segurança April 17th To 20th In Caxias Do Sul – Bus Body Verification And Safety Workshop



Cenas durante a integração do ônibus na Tuttotrasporti em Caxias do Sul Images from the bus integration Tuttotrasporti facilities in Caxias do Sul



Agosto de 2007 – Componentes do sistema de propulsão esperando para serem instalados no ônibus no galpão da Tuttotrasporti em Caxias do Sul August 2007 – Drivetrain components waiting for being installed in the bus at Tuttotrasporti facilities in Caxias do Sul

Comidas durante a integração do ônibus na Tuttotrasporti em Caxias do Sul/ teste hidrostático até a pressão de 470bar executado com sucesso Images from the bus integration at Tuttotrasporti facilities in Caxias do Sul/hydrostatic test until 470 bar pressure successfully performed





3 de outubro de 2007 Milhagem Ônibus 4 "FAT Ônibus no modo Bateria"  
*October 3rd 2007 Bus Milestone 4 "FAT Bus on Battery Mode"*



31 de dezembro de 2007 e 18 de janeiro de 2008 Milhagem Estação de Hidrogênio 5 – "Recebimento dos Principais Equipamentos na EMTU"  
*December 21st 2007 & January 18th 2008 H2 Station Milestone 5 "Receipt Major Equipment Site"*



21 de dezembro de 2007 – Chegada do sistema de armazenamento de hidrogênio da Dynetek na Tuttotrasporti em Caxias do Sul  
*December 21st 2007 – Arrival Dynetek's hydrogen storage system at Tuttotrasporti facilities in Caxias do Sul*



22 de julho de 2008 Milhagem Ônibus 5 – "Protótipo Completo no modo Híbrido Hidrogênio"  
*July 22nd 2008 Bus Milestone 5 – "Completion Prototype Hybrid Hydrogen Power"*



1 de janeiro de 2009 – João de Barro bebendo a água que sai do Ônibus Brasileiro a Hidrogênio em Caxias do Sul (foto tirada pelo Sr. Agenor Boff, presidente da Tuttotrasporti).  
*January 1st, 2009 - João de Barro drinking the water, which is coming out of the Brazilian Fuel Cell Bus in Caxias do Sul (photo taken by Mr. Agenor Boff, president of Tuttotrasporti).*



27 de março de 2009 – Despedida de Caxias do Sul.  
*March 27th, 2009 – Goodbye from Caxias do Sul*



Março de 2009 – Ônibus empacotado e preparado para o transporte da Tuttotrasporti em Caxias do Sul até a EMTU em São Bernardo do Campo.  
*March 2009 – Bus packed and ready to be transported from Tuttotrasporti in Caxias do Sul to EMTU in São Bernardo do Campo.*



17 de abril de 2009 – Encerramento da primeira fase do curso de treinamento para operação e manutenção do ônibus na EMTU.  
*April 17th, 2009 – Closing ceremony first phase of the bus operation and maintenance training course at EMTU facilities.*





## INTRODUÇÃO

HISTÓRICO DO PROJETO

## INTRODUCTION

PROJECT HISTORY



Visita dos representantes do projeto brasileiro em seu início às instalações da BC Transit, ocorrida em 1999, em Vancouver - Canadá quando da fase de concepção do projeto.

Visit of the representatives of the Brazilian project to the BC Transit site, in 1999, in Vancouver - Canada in the design stage of the project.

### HISTÓRICO

por Dra. Marieta Mattos e Eng. Demóstenes Barbosa da Silva

### Antecedentes

Transporte coletivo urbano é um fator importante no transporte de passageiros no Brasil, como acontece na maioria das economias emergentes. O país é um dos maiores mercados mundiais de ônibus. Com seu grande mercado interno e mais a exportação, o Brasil é também um dos maiores fabricantes de ônibus. A frota de ônibus urbanos brasileiros é grande e continua a crescer. A Área Metropolitana de São Paulo (SPMA) é a maior concentração urbana no país e uma das maiores no mundo. Ela depende e confia pesadamente no transporte público, particularmente nos ônibus. Há aproximadamente 25.000 ônibus em operação na SPMA. As frotas combinadas de ônibus na área representam uma das maiores concentrações de ônibus no mundo.

A Área Metropolitana de São Paulo também sofre de um dos maiores problemas de poluição do ar. A qualidade do ar cai abaixo dos padrões mínimos aceitáveis durante mais de 140 dias no ano. Veículos motorizados são responsáveis por 90% dos poluentes lançados na atmosfera. Ônibus, a maioria dos quais sendo movidos a diesel, são os maiores contribuintes à poluição atmosférica. Em adição aos poluentes tóxicos, os ônibus a diesel na SPMA emitem mais de 1,5 milhões de toneladas de dióxido de carbono anualmente. O

dióxido de carbono é considerado como um dos maiores contribuintes ao efeito estufa global. O aquecimento global resultante poderia ter conseqüências catastróficas, tais como mudanças climáticas globais e aumentos significativos no nível do mar.

Uma tecnologia nova e promissora tem o potencial de fornecer transporte com emissão zero de poluentes, principalmente dióxido de carbono: células a combustível a hidrogênio produzido a partir de fontes renováveis de energia. Ônibus urbanos são um primeiro mercado natural de introdução desta tecnologia. Diversos ônibus com células a combustível já foram construídos, demonstrados e colocados em operação na América do Norte e Europa. Algumas companhias automotivas têm planos de comercialização a curto prazo dessa tecnologia.

### HISTORY

by Dr. Marieta Mattos and Mr. Demóstenes Barbosa da Silva

### Background

Bus transport is a major factor in passenger transport in Brazil, as it is in most emergent economies. The country is one of the world's largest bus markets. With its large internal market plus some exports, Brazil is also one of the world's largest bus producer. The Brazilian urban bus fleet is large and continues to grow. The São Paulo Metropolitan Area (SPMA) is the largest urban concentration in the country and one of the largest in the world. It relies heavily

on public transport, particularly buses. There are over 25,000 buses in service in the SPMA. The combined bus fleets in the area represent one of the biggest concentrations of urban buses in the world.

The São Paulo Metropolitan Area also suffers from some of the world's worst air pollution problems. Air quality drops below minimum acceptable standards for more than 140 days a year. Motor vehicles are responsible for 90% of toxic pollutants released into the atmosphere. Buses, the majority of which are powered by diesel engines, are major contributors to air pollution. In addition to toxic pollutants, diesel buses in São Paulo Metropolitan Area release more than 1.5 million tons of carbon dioxide annually. Carbon dioxide is considered to be one of the major contributors to the global greenhouse effect. The resulting global warming could have catastrophic consequences, such as global climate changes and significant rises in the level of the sea.

An up-and-coming technology has the potential to provide transportation with zero pollutants and carbon dioxide emissions: fuel cells powered by hydrogen produced from renewable energy sources. Urban buses are a natural early market entry point for this technology. Several fuel cell buses have already been built, demonstrated and put in service in North America and Europe. Some automotive companies have plans for near-term commercialization of this technology.



Ônibus com células a combustível são uma proposta atraente para cidades brasileiras. Serão significantes os benefícios ambientais de substituir ônibus a diesel poluidores por ônibus não poluidores com células a combustível a hidrogênio. Sua utilização resultará em importante redução dos níveis de poluição em áreas urbanas densamente povoadas. Ainda, vão constituir um primeiro passo significativo na direção de se reduzir emissões de dióxido de carbono de fontes automotivas, um dos maiores contribuintes ao efeito estufa global, e suas consequências ameaçadoras. As implicações econômicas para o Brasil são também potencialmente muito positivas: uma contribuição importante quanto a resolver problemas ambientais; redução do consumo de combustíveis fósseis, e a criação de um novo segmento de mercado para sua indústria automotiva, com o potencial para exportação de dois produtos (veículos e componentes) além da formação de capital intelectual (experiência na implementação).

As primeiras indicações são de que o desempenho do produto, a segurança e o treinamento de pessoal não serão maiores obstáculos. Um dos maiores obstáculos para a introdução de ônibus com células a combustível, entretanto, é o alto custo atual

dessas células – uma tecnologia emergente neste momento. Entretanto, diversos estudos realizados por diversos fabricantes de automóveis indicaram que equipamentos de geração de energia elétrica com células a combustível têm o potencial de apresentarem custos competitivos com relação a equipamentos convencionais de geração elétrica com motores de combustão interna. Alguns especialistas preconizam que células a combustível serão comercialmente viáveis em ônibus antes que sejam totalmente competitivos em automóveis de passageiros, veículos comerciais leves e caminhões.

#### Desenvolvimento do Projeto Brasileiro

Voltando aos anos 80s, no Brasil o Ministério de Minas e Energia (MME) interessou-se em reduzir o uso de combustíveis fósseis no contexto de dois choques de preços do petróleo que impactaram a economia global nos anos 70s. Algumas iniciativas marcaram os esforços com sucesso, no Brasil, nessa época: o Programa Nacional do Etanol, que resultou em uma mudança substancial na matriz energética do país; e em desenvolvimentos preliminares da economia do hidrogênio, consistindo em

avaliações de tecnologias e mercados potenciais, realizados pela Comissão de Desenvolvimento do Hidrogênio. O Ministro de Minas e Energia, Cesar Cals, apoiou entusiasticamente esses esforços.

O Brasil tem tradição de desenvolver e usar fontes renováveis de energia em grande escala: geração hidroelétrica e etanol produzido da cana de açúcar correspondem a mais de 90% da matriz energética nacional.

Nos anos 90s a cronologia do desenvolvimento do hidrogênio no Brasil foi marcada pelos trabalhos da Convenção de Mudanças Climáticas das Nações Unidas (ECO 92) e algumas iniciativas que decorreram das discussões no Rio de Janeiro. Dois pesquisadores visionários da Califórnia que participaram da ECO 92 contactaram cientistas e companhias energéticas e petrolíferas, interessados em desenvolver um projeto baseado na sinergia potencial entre o sistema de geração hidroelétrica e o sistema de transporte coletivo. A idéia era usar o excedente de hidroeletricidade a baixo custo para produzir hidrogênio através de eletrólise da água, e us ar este hidrogênio como um combustível limpo para acionar ônibus urbanos.

*Fuel cell buses are an attractive proposition for Brazil's cities. The environmental benefits of replacing polluting diesel buses by non-polluting hydrogen fuel cell buses will be significant. They will make a significant contribution to reducing pollution levels in a heavily populated urban area. They will also constitute a significant first step toward reducing emissions of carbon dioxide from transportation sources, one of the biggest contributors to the global greenhouse effect, and its threatening consequences. The economic implications for Brazil are also potentially very positive: a major contribution to solving environmental problems; reduction of dependence on imported oil; and the creation of a significant new sector for its automotive industry, with the potential for exports of both products (vehicles and components) and intellectual capital (implementation experience).*

*The early indications are that product performance, safety and personnel training are not going to be major obstacles. One of the major obstacles for introduction of fuel cell buses, however, is the present high cost of fuel cell/electric power trains – an emerging technology at this point in time. However, several studies performed by or*

*on behalf of the major car manufacturers have indicated that power trains combining fuel cells and electric motors have the potential to be cost competitive with existing power trains based on internal combustion engines. Some experts foresee that fuel cell drives will be commercially viable in buses before they become fully competitive in passenger automobiles, light commercial vehicles or trucks.*

#### Brazilian Project Development

*Back to the 80's, in Brazil the Ministry of Mines and Energy (MME) was interested in reducing fossil fuels use in the context of the two oil shocks that impacted the world economy in the 70's. Some initiatives marked the successful efforts in Brazil at that time: the National Ethanol Program, which resulted in substantial changing the country energy matrix; and, an early development of the hydrogen economy, consisting in assessments of technologies and potential markets, performed by the Commission for the Development of Hydrogen. The Minister of Mines and Energy, Cesar Cals, enthusiastically supported those efforts.*

*Brazil has a tradition of developing and using renewable energy sources in large scale: hydropower generation and ethanol produced from sugarcane correspond to over 90% of the country energy matrix.*

*In the 90's, the chronology of hydrogen development in Brazil was marked by the United Nations Framework Convention of Climate Change (ECO 92) and some initiatives that followed the discussions in Rio de Janeiro. Two visionaries developers from California that attended the ECO 92 contacted Brazilian scientists and companies from the power and oil sectors, interested in developing a project based on the potential synergy between the hydropower generation system and the urban mass transportation system. The idea was to use surplus of hydroelectricity at low cost to produce hydrogen from the water electrolysis, and to use the hydrogen as clean fuel to move urban buses.*

Decorrente destes contactos, Dra. Marieta Mattos, que tinha sido membro da Comissão de Desenvolvimento do Hidrogênio, foi convidada por Dr. Roger Billings, de Kansas City, Estado de Missouri, Estados Unidos da América, a desenvolver um projeto brasileiro e americano para desenvolver essa sinergia. Dra. Mattos, durante sua estadia nos Estados Unidos, recebeu apoio do Eng. Demóstenes Barbosa da Silva, do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), do Ministério de Minas e Energia (MME). O Eng. Silva contribuiu para o trabalho dela com dados, informações e análises. Esse esforço resultou em um rascunho do projeto.

De volta ao Brasil, Dra. Mattos e Eng. Silva trabalharam no projeto que foi submetido ao Global Environment Facility (GEF), através do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) para apoio financeiro. A Sra. Cristina Montenegro, funcionária do UNDP em Brasília deu decisivo apoio ao desenvolvimento do projeto. Foi recebida uma quantia inicial de 354.000 dólares, foi formado um grupo do projeto e feito um estudo de pré-viabilidade. O grupo inicial do projeto foi formado por: Eng. Demóstenes Barbosa da Silva, do MME/DNAEE; Dra. Marieta Mattos, inicialmente como consultora e depois como Coordenadora Técnica; Eng. Oscar de Lima e Silva, da Agência para Aplicação de Energia, de São Paulo; Prof. Dr. Ernesto Gonzáles, da Universidade de São Paulo; e, Eng. Marcos Kassab, da Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos (EMTU), de São Paulo. Quatro outras pessoas integraram o grupo mais tarde, Eng. Claudio Júdice, do MME, que substituiu o Eng. Silva; Eng. Marcio Schettino, da EMTU, que substituiu o Eng. Kassab, e, Srta. Juliana Leite Cavalcante, como secretária. A última aquisição do grupo foi o Eng. Carlos Zundt, da EMTU, que substituiu o Eng. Schettino.

*Following those contacts Dr. Marieta C. Mattos, a former member of the Brazilian Commission for the Development of Hydrogen, was invited by Dr. Roger Billings, from Kansas City, State of Missouri, to develop a Brazilian and American project to develop that synergy. Dr. Mattos, during her stay in United States, received support from Mr. Demóstenes Barbosa da Silva, from the Brazilian National Department of Water and Electric Energy (DNAEE) of the Ministry of Mines and Energy (MME). Mr. Silva contributed to her work with data, information and analysis. This effort resulted in a draft of the project.*

*Back to Brazil, Dr. Mattos and Mr. Silva worked on the project that was submitted to the Global Environment Facility (GEF), through the United Nations Development Programme (UNDP), for financial support. Mrs. Cristina Montenegro, UNDP Official in Brasilia gave decisive support for the project development. An initial grant of US\$ 354,000 was received, a project team was formed and a pre-feasibility study of the project was made. The initial project team was formed by: Mr. Demóstenes Barbosa da Silva, from MME/DNAEE; Dr. Marieta Mattos, initially as consultant and later as Technical Coordinator; Mr. Oscar de Lima e Silva, from the São Paulo Agency for Energy Application; Prof. Dr. Ernesto Gonzalez, from University of São Paulo; and Mr. Marcos Kassab, from the São Paulo Metropolitan Urban Transportation Company (EMTU). Four other people joined the team later, Mr. Claudio Judice, from MME, which replaced Mr. Silva, Mr. Marcio Schettino, from EMTU, which replaced Mr. Kassab, and Miss Juliana Leite Cavalcanti, as a secretary. The latest addition to the team was Mr. Carlos Zundt, from EMTU, which replaced Mr. Schettino.*



*Dr. Marieta Mattos visita nas instalações da Autoridade de Trânsito de Chicago em 1999*

*Dr. Marieta Mattos visit to the Chicago Transit Authority in 1999*





*Dra. Marieta Mattos e Monica Saraiva Panik durante a visita às instalações da BC Transit em Vancouver - Canadá em 1999.*

*Dr. Marieta Mattos and Monica Saraiva Panik during the visit to the BC Transit in Vancouver - Canada, in 1999*

O grupo do projeto preparou uma proposta intitulada "Environmental Strategy for Energy: Hydrogen Fuel Cell Buses for Brazil (ESE/HB)", com o objetivo de desenvolver o estudo de pré-viabilidade e um trabalho extenso numa segunda fase do projeto, para construir e demonstrar a operação de ônibus com células a combustível na SPMA, que foi aprovado pelo GEF. O grupo do projeto recebeu o apoio do Dr. John Wormald da empresa de consultoria Autopolis, o qual redigiu o documento que foi submetido ao GEF.

*The project team outlined the proposal entitled Environmental Strategy for Energy: Hydrogen Fuel Cell Buses for Brazil (ESE/HB), with the objective to develop the Pre-Feasibility Study and an extended work in a second phase of the project, to build and demonstrate the operation of fuel cell buses in SPMA, which was approved by the GEF for financial support. The team was supported by Dr. John Wormald of Autopolis, a consulting company, who wrote the document presented to GEF.*

*Visita da Dra. Marieta e Eng. Demóstenes para conhecer o ônibus protótipo resultado do projeto brasileiro, realizada em maio de 2009, na EMTU/SP.*

*Visit of Dr. Marieta and Eng. Demóstenes to know the prototype bus, outcome of the Brazilian project, held in May 2009 at EMTU/SP.*



### Abordagem do Projeto

Adotou-se uma abordagem em fases para o desenvolvimento do projeto, considerando-se os riscos tecnológicos e econômicos envolvidos num desenrolar em grande escala dos novos ônibus:

- i. Fase I: pré-viabilidade e estratégia proposta para introdução da nova tecnologia
- ii. Fase II: projeto de demonstração
- iii. Fase III: aumento de escala
- iv. Fase IV: desenvolvimento comercial e industrial

As Fases I e II foram desenvolvidas com sucesso, e este livro é publicado no momento em que o grupo do projeto celebra a finalização da construção do ônibus com células a combustível na Fase II. Uma importante contribuição foi prestada pela Sra. Monica Saraiva Panik, Gerente de Projeto pelo consórcio; sua contribuição consistiu no acompanhamento sistemático da integração de novas tecnologias para a fabricação e demonstração do ônibus.

As Fases III e IV são necessárias para assegurar utilização efetiva da nova tecnologia em escala comercial, que é muito esperada num futuro próximo, quando a SPMA contará com uma alternativa de mercado para reduzir a poluição atmosférica e consequentemente para salvar centenas de vidas humanas anualmente, e quando o Brasil contará com uma estratégia sustentável para o transporte coletivo urbano baseado na utilização de excedentes de hidroeletricidade.

### Project Approach

*A phased approach was adopted for the project development, because of the remaining technological and economic risks involved in the large-scale deployment of the novel buses:*

- i. Phase I: pre-feasibility test and proposed entry strategy,*
- ii. Phase II: demonstration project,*
- iii. Phase III: scale-up,*
- iv. Phase IV: commercial and industrial roll-out,*

*Phases I and II were successfully developed. An important contribution was added at the Phase II by Ms. Monica Saraiva Panik, Project Manager for the Consortium; her contribution consisted in systematically following up the integration of technologies for the manufacturing of the demonstration bus.*

*This book is published at the moment the project team celebrates successful completion of the fuel cell bus manufacturing in Phase II. Phases III and IV are required to assure effective utilization of the new technology in commercial scale, what is very much expected in a near future, when SPMA will count on an alternative to reduce air pollution and consequently to save hundreds of human lives annually, and when Brazil will count on a sustainable strategy for urban mass transportation based on surplus or even off peak hydroelectricity.*

### Esforço Exitoso

Um resultado muito importante dos esforços de desenvolvimento do Environmental Strategy for Energy (ESE/HB) é a demonstração de que temos uma solução limpa e sustentável possível para o transporte público na São Paulo Metropolitan Area (SPMA): ônibus com células a combustível para minimizar grandes problemas de saúde pública devidos à intensa poluição atmosférica.

O Brasil tem mostrado historicamente um forte compromisso com tecnologias ambientalmente sustentáveis para produção de energia e transporte público. A ESE/HB é, sem dúvida, um próximo passo lógico e factível, para o Brasil continuar sua tradição de mudar de sistemas convencionais, em direção a soluções ambientalmente sustentáveis.

### Successful Effort

*A very important result from the efforts in developing the Environmental Strategy for Energy: Hydrogen Fuel Cell Buses for Brazil (ESE/HB) is the demonstration that we have a feasible clean and sustainable solution for the public transportation in the São Paulo Metropolitan Area (SPMA): fuel cell buses to minimize major health problems due to intense atmospheric pollution.*

*Brazil has historically shown a strong commitment to new, more environmentally friendly technologies for energy production and public transport. The Environmental Strategy for Energy: Hydrogen Fuel Cell Buses for Brazil (ESE/HB) is clearly a logic and feasible next step for Brazil, to continue its tradition of changing conventional systems, to innovate towards sustainable and environmentally friendly solutions.*



# A ESTRUTURAÇÃO DA ECONOMIA DO HIDROGÊNIO NO BRASIL E O PROJETO ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO

## THE HYDROGEN ECONOMY STRUCTURE IN BRAZIL AND THE BRAZILIAN FUEL CELL BUS PROJECT



### 1 - ÓRGÃOS INSTITUCIONAIS PATROCINADORES

#### 1.1 - NÍVEL FEDERAL

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

É A AGÊNCIA EXECUTORA DO PROJETO, CUJA COORDENAÇÃO GERAL ESTÁ A CARGO DA SECRETARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E COMBUSTÍVEIS RENOVÁVEIS, ÓRGÃO DESSE MINISTÉRIO.

FINEP – FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS

É A AGÊNCIA PATROCINADORA NACIONAL, ÓRGÃO LIGADO AO MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. NO ÂMBITO DO PROJETO, SEUS RECURSOS SÃO ENCAMINHADOS AO MME - SECRETARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E COMBUSTÍVEIS RENOVÁVEIS, QUE POR SUA VEZ OS REPASSA AO PNUD.

### 1- PROJECT PARTNERS INSTITUTIONS

#### 1.1 - FEDERAL LEVEL

MME – MINISTRY OF MINES AND ENERGY

THE EXECUTING AGENCY OF THE PROJECT, WHICH GENERAL COORDINATION IS UNDER THE SECRETARY OF OIL, NATURAL GAS AND RENEWABLE FUELS.

FINEP – FINANCING AGENCY OF STUDIES AND PROJECTS

THE NATIONAL SPONSOR AGENCY, WHICH BELONGS TO THE MINISTRY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY. FOR THIS PROJECT ITS RESOURCES HAVE BEEN GIVEN TO THE MME - SECRETARY OF OIL, NATURAL GAS AND RENEWABLE FUELS, WHICH ITSELF FORWARD TO THE UNDP.

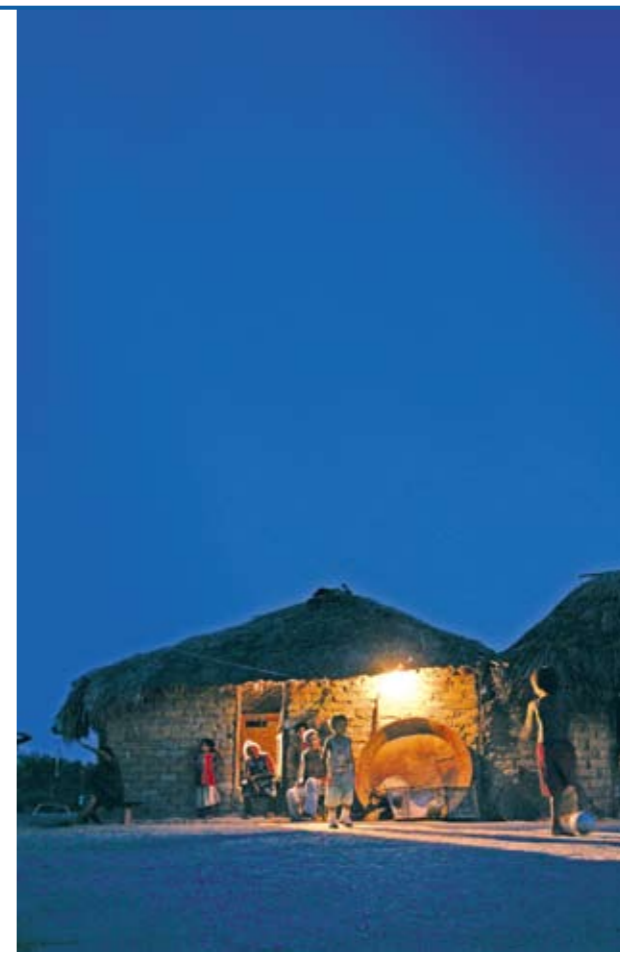


O Ministério de Minas e Energia - MME, como órgão setorial da União, tem suas competências voltadas para a aplicação das políticas e diretrizes de governo nas áreas de recursos minerais e energéticos, envolvendo o planejamento, a prospecção e o aproveitamento dos potenciais existentes.

No campo da energia, em suas diversas formas, o MME desenvolve suas atividades com foco no abastecimento dos respectivos mercados, buscando garantir o desenvolvimento econômico e social do país, atuando na organização dos interesses públicos e privados para a exploração dos recursos naturais, de forma sincronizada com sustentabilidade ambiental.

Nas áreas de geologia, mineração e transformação mineral, o MME tem focado sua ação na formulação, implementação, e avaliação de políticas públicas setoriais objetivando a consolidação do desenvolvimento sustentável do setor mineral brasileiro, que é importante segmento exportador e de suporte ao mercado doméstico, com forte geração de emprego e de novos investimentos produtivos.

As ações do MME são direcionadas a promover a inclusão social, o crescimento com sustentabilidade, geração de empregos e distribuição de renda a implantar uma infraestrutura eficiente e integradora do território brasileiro, e reduzir as desigualdades regionais a partir das potencialidades locais do território nacional e fortalecer a inserção soberana internacional e a integração sul-americana.



Programa Luz para Todos: Milhões de Brasileiros já saíram da escuridão

Program Light for Everybody: Million of Brazilians have already left the darkness

The Ministry of Mines and Energy - MME, as an authority of the Brazilian Federal Government, has its competence oriented to the government policies in the areas of mineral resources and energy, involving the planning, the prospecting and the use of the existing potential resources.

In the energy field, in its different forms, the MME develops its activities with the focus on attending to the needs of related markets, aiming to guarantee the

it creates abundant employment and new investment opportunities.

The MME's activities are not only oriented to promote social integration, sustainable growth, job creation and income distribution; they are also oriented to implement an efficient and integrated infrastructure, reduce social differences, develop regional potentials, strengthen Brazilian position internationally, and promote the South American integration.

economic and social development in the country. MME also acts in the organization of public and private interests for the exploration of the natural resources, in a synchronized and environmentally sustainable manner.

In the areas of geology, mines and mineral transformation, the MME focuses its activities in the formulation, implementation and evaluation of public policies with objective of consolidation of the sustainable development of the Brazilian mineral sector. This sector is important for the export as well as for local markets, as



A matriz energética, de competência do Ministério de Minas e Energia, é um instrumento para a formulação de políticas e diretrizes nacionais e serve para simular diferentes cenários de mercado e avaliar seus efeitos: gargalos de infraestrutura, vulnerabilidades sistêmicas, riscos ambientais, oportunidades de negócios, impactos de políticas públicas<sup>1</sup>.

A matriz energética brasileira é a mais renovável do mundo. Enquanto os países desenvolvidos utilizam 14% de fontes renováveis em suas matrizes, o Brasil utiliza 45%, e deve elevar esse patamar a quase 47%, conforme previsão do Plano Nacional de Energia 2030<sup>2</sup>.

Nesse contexto, o ambiente no Brasil é favorável à introdução do hidrogênio na matriz energética, obtido, preferencialmente, a partir de fontes renováveis. Assim é que o Ministério de Minas e Energia tem envidado esforços no sentido de planejar e desenvolver ações que conduzam à utilização do hidrogênio em complemento à matriz energética renovável que o Brasil possui.

**MATRIZ ENERGÉTICA NO BRASIL**

O planejamento da matriz energética brasileira está orientado à inclusão social, ao respeito ao Meio Ambiente, à redução da participação de combustíveis fósseis, ao maior uso dos renováveis, ao fortalecimento da base tecnológica no Brasil e ao desenvolvimento da indústria nacional de bens e serviços.

De acordo com a Resenha Energética Brasileira<sup>3</sup> a demanda total de energia no Brasil (OIE), em 2008, atingiu 251,5 milhões de tep - toneladas equivalentes de petróleo, montante 5,3% superior ao montante verificado em 2007 e equivalente a cerca de 2% da energia mundial.

*The energy matrix, competence of the Ministry of Mines and Energy, is an instrument for the development of national policies, which is useful to simulate different market scenarios and evaluate its effects: infrastructure problems, systemic susceptibility, environmental risks, business opportunities, public policies impacts<sup>1</sup>.*

*The Brazilian energy matrix contains the world's highest renewable energy component. While the developed countries use 14% of renewable sources in their matrix, Brazil uses 45%, and this level should increase to almost 47%, according to the forecast of the National Energy Plan 2030<sup>2</sup>.*

*In this context, the environment in Brazil is favorable to the introduction of hydrogen in the energy matrix, produced preferentially from renewable sources. The Ministry of Mines and Energy is concentrating its efforts in planning and developing actions, for ways to produce & use hydrogen in complement with the renewable energy matrix already existing in Brazil.*

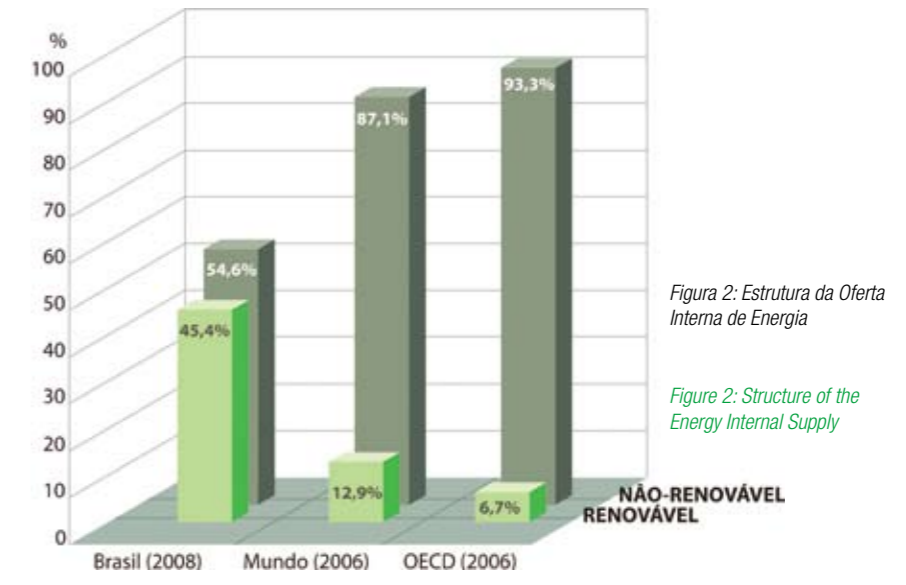
**ENERGY MATRIX IN BRAZIL**

*The planning of the Brazilian energy matrix is oriented to the social integration, to the respect for the environment, to the reduction of the fossil fuels consumption, to a broader use of renewable fuels, to strengthen the technological base in Brazil, and to the development of the local industry for goods and services.*

*According to the Brazilian Energy Matrix<sup>3</sup> the total energy demand in Brazil (OIE), in 2008, was 251,5 million tep - tones petroleum equivalent, 5,3% higher than the energy demand in 2007 and equivalent to approx. 2% of the world's energy.*

Da OIE total, 114,2 milhões (ou 45,4%) correspondem à oferta interna de energia renovável. Essa proporção é das mais altas do mundo, contrastando significativamente com a média mundial, de 12,9%, e mais ainda com a média dos países que compõem a Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômicos – OECD<sup>4</sup>, em sua grande maioria países desenvolvidos, de apenas 6,7%, figura 2.

*From the total internal energy supply in Brazil, 114,2 million tep (or 45,4%) corresponds to the energy from renewable sources. This proportion is one of highest in the world, considering the world average, of 12,9%, and the average of 6,7% for the great majority of the developed countries from the OECD<sup>4</sup>, figure 2.*



No caso do Brasil, a expressiva participação da energia hidráulica e o uso ainda representativo de biomassa proporcionam indicadores de emissões de CO<sub>2</sub> bem menores que a média dos países desenvolvidos. No país, a emissão é de 1,44 toneladas de CO<sub>2</sub> por tep da OIE, enquanto nos países da OECD a emissão é de 2,32 toneladas de CO<sub>2</sub> por tep, ou seja, 62% maior.

*In the case of Brazil, the significant use of the hydroelectric energy and the use of biomass enables CO<sub>2</sub> emission indicators to be much smaller than the average of the developed countries. Brazil has 1,44 tones of CO<sub>2</sub> emission per tep of OIE, while the OECD countries have 2,32 tones of CO<sub>2</sub> emission per tep, which is 62% higher.*

A versão preliminar da Oferta de Energia Elétrica do País em 2008, mostra crescimento de 3,2% em relação a 2007, atingindo montante de 498,8 TWh, incluindo 50,1 TWh de geração de autoprodutores (10% de participação) e 42,1 TWh de importação líquida (8,4%).

*The preliminary version of the Brazilian Electric Energy Supply in 2008, shows a growth of 3,2% compared to 2007, achieving 498,8 TWh, including 50,1 TWh of self-producers generation (10%) and 42,1 TWh of import (8,4%).*

	TWh
<b>TOTAL</b>	<b>498,8</b>
HIDRO	365,1
GÁS NATURAL	29,6
DER. PETRÓLEO	15,6
NUCLEAR	14,0
CARVÃO	8,2
BIOMASSA	20,0
GÁS INDUST.	4,4
IMPORTAÇÃO	42,1

**RENOVÁVEIS:**  
Brasil: 86%  
OECD: 16%  
Mundo: 18%

**NOTA:**  
Inclui autoprodutores (50,1 TWh)

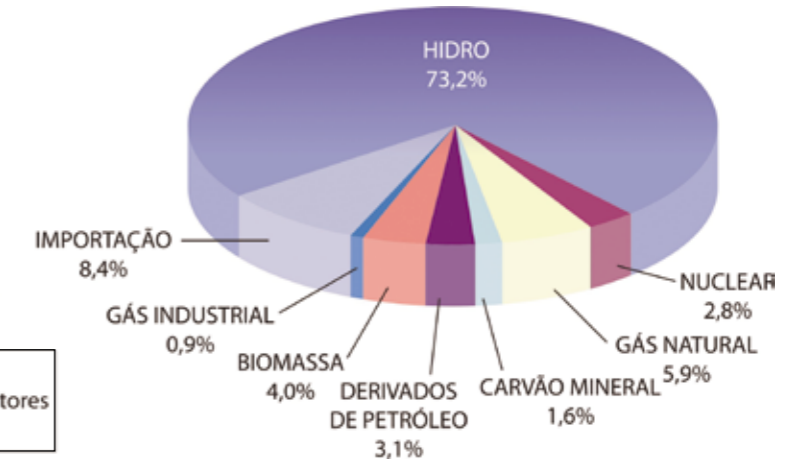


Figura 3: Matriz de Oferta de Energia Elétrica – 2008 (% e TWh)

Figure 3: Electric Energy Supply Matrix – 2008 (% and TWh)

<sup>4</sup> São os seguintes os 30 países membros da Organisation de Coopération et de Développement Economiques: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Coreia do Sul, Dinamarca, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Japão, Luxemburgo, México, Noruega, Nova Zelândia, Polónia, Portugal, Reino Unido, República Eslovaca, República Tcheca, Suíça, Suécia e Turquia. Além desses países, também integra a OCDE a União Europeia.

<sup>4</sup> The following 30 countries are members of the Organisation de Coopération et de Développement Economiques: Germany, Australia, Austria, Belgium, Canada, South Korea, Denmark, Spain, United States, Finland, France, Greece, Holland, Hungary, Ireland, Island, Italy, Japan, Luxemburg, Mexico, Norway, New Zealand, Poland, Portugal, United Kingdom, Slovak Republic, Check Republic, Switzerland, Sweden and Turkey. Beyond those countries, The European Union also integrates the OCDE.

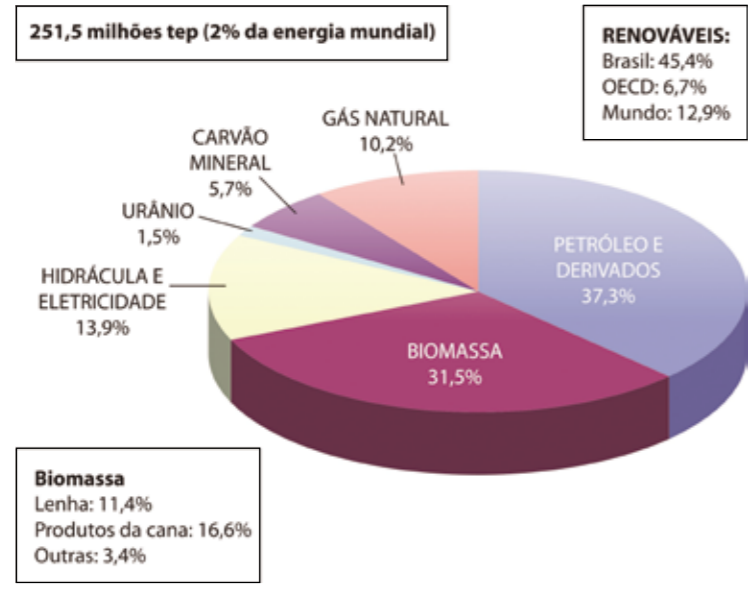


Figura 1: Oferta Interna de Energia no Brasil (2008)

Figure 1: Internal Energy Supply in Brazil (2008)

<sup>1</sup> Fonte: Plano Nacional de Energia 2030 (PNE - 2030), MME, novembro de 2007, capturado do site: [http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?channelId=8213](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=8213)  
<sup>2</sup> Fonte: Artigo do ministro Edison Lobão publicado no jornal Valor Econômico no dia 8.05.08, capturado do site: [http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?sessionId=18FBF1C98C8CF9ED7A5B94954DFE2AE?channelId=9771](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?sessionId=18FBF1C98C8CF9ED7A5B94954DFE2AE?channelId=9771)  
<sup>3</sup> Resultados Preliminares do Balanço Energético, BEN 2008, MME, abril, 2009. Caminho: [www.mme.gov.br/Publicações/Balanço Energético Nacional/2.BEN/2.8.Matrizes Energéticas-Exercício 2008-NOVO / 01.Resenha Energética Brasileira](http://www.mme.gov.br/Publicações/Balanço%20Energético%20Nacional/2.BEN/2.8.Matrizes%20Energéticas-Exercício%2008-NOVO/01.Resenha%20Energética%20Brasileira)

<sup>1</sup> Source: Plano Nacional de Energia 2030 (PNE - 2030), MME, November 2007, from the site: [http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?channelId=8213](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=8213)  
<sup>2</sup> Source: Article of the ministry Edison Lobão published in the newspaper Valor Econômico on the 08.05.08, from the site: [http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?sessionId=18FBF1C98C8CF9ED7A5B94954DFE2AE?channelId=9771](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?sessionId=18FBF1C98C8CF9ED7A5B94954DFE2AE?channelId=9771)  
<sup>3</sup> Preliminary Results of the Energy Balance, BEN 2008, MME, April 2009. Path: [www.mme.gov.br/Publicações/Balanço Energético Nacional/2.BEN/2.8.Matrizes Energéticas-Exercício 2008-NOVO / 01.Resenha Energética Brasileira](http://www.mme.gov.br/Publicações/Balanço%20Energético%20Nacional/2.BEN/2.8.Matrizes%20Energéticas-Exercício%2008-NOVO/01.Resenha%20Energética%20Brasileira)



Comparativamente ao mundo, nota-se que o Brasil apresenta uma significativa diferença na participação da energia hidráulica na Matriz de Oferta de Energia Elétrica, de 81% contra um pouco mais de 16% no mundo.

O consumo de energia no transporte total do País cresceu 8,8% em 2008, repetindo a performance de 2007. Em 2008, houve forte crescimento do consumo de álcool em razão das crescentes vendas dos veículos flex.

*In comparison with the world, we see that Brazil presents a significant difference in the participation of the hydroelectric energy at the Electric Energy Supply Matrix, of 81% against a little more than 16% in the world.*

*The energy consumption in the total transportation of the country grew 8,8% in 2008, repeating the performance in 2007. In 2008, there was a strong growth in the consumption of ethanol due to the increased sales of the flex-fuel vehicles.*

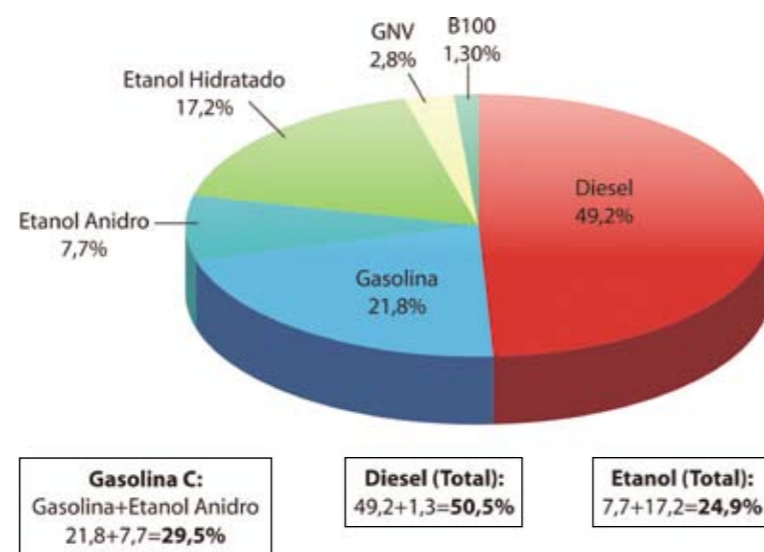


Figura 4: Matriz Veicular, 2008

Figure 4: Automotive Matrix, 2008

Em 2008, foram produzidos 1,05 milhões m<sup>3</sup> de óleos vegetais, montante bem superior ao de 2007, de 379 mil m<sup>3</sup>. Cerca de 90% da produção de 2008 foram adicionados ao diesel de petróleo e 10% foram para compor estoques. Desta forma, o consumo total de diesel do país contou com a adição de 2% de óleos vegetais.

O Brasil se configura como um país com grande presença de fontes renováveis de energia na matriz de transporte, em comparação aos demais países. Nos países da OECD as renováveis participam com apenas 1,3%, basicamente o consumo de álcool dos Estados Unidos, e nos demais países a participação é inexpressiva (0,1%). A supremacia é dos derivados de petróleo nestes países, com participações acima de 92%.

Como se verifica, o País dispõe de uma matriz diversificada, haja vista as alternativas que possui para produzir combustíveis de natureza fóssil e renovável, constituindo um ambiente favorável para introdução gradual do hidrogênio. Ressalta-se que esse energético, se produzido a partir de

insumos de natureza renovável, deixará o Brasil em sintonia com as iniciativas internacionais para redução das emissões atmosféricas e diminuição da dependência dos combustíveis fósseis.

*In 2008, Brazil produced 1,05 million m<sup>3</sup> of vegetal oil, amount much higher than in 2007, with 379 mil m<sup>3</sup>. Approx. 90% of the production in 2008 was added to the diesel from petroleum and 10% was stored. In this way, the total consumption of the diesel in the country included the addition of 2% vegetal oils.*

*In comparison with the other countries, Brazil is known as a country with a lot of renewable energy sources included in the transportation energy matrix. In the countries of the OECD the energy component from renewables sources is only 1,3%, basically the ethanol consumption in the USA, and in the other countries it is insignificant (0,1%). The other countries*

*predominantly use petroleum by-products, with participations above 92%.*

*As we see, Brazil has a diversified matrix, with several alternatives to produce fossil and renewable fuels, constituting a favorable environment for the gradual introduction of hydrogen. If this fuel is produced from renewable sources, Brazil will be in line with the international initiatives to reduce emissions and reduce the dependence on fossil fuels.*

## A ESTRUTURAÇÃO DA ECONOMIA DO HIDROGÊNIO NO BRASIL

As ações do Ministério de Minas e Energia com vistas a coordenar o processo de Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil estão orientadas à criação de mercados sustentáveis para a produção e uso do hidrogênio de acordo com as especificidades do Brasil, em sintonia com as iniciativas internacionais.

Sob esta ótica, as premissas consideradas para a utilização do hidrogênio com fins energéticos em complemento à matriz energética renovável que o Brasil possui são as seguintes:

- Diversificação da matriz energética brasileira com crescente participação dos combustíveis renováveis;
- Redução de impactos ambientais, principalmente aqueles oriundos da poluição atmosférica em grandes centros urbanos;
- Redução da dependência externa de combustíveis fósseis;
- Produção de hidrogênio a partir de fontes renováveis de energia, prioritariamente;
- Desenvolvimento de base tecnológica para auferir confiabilidade aos consumidores, e;
- Planejamento da participação da indústria nacional de bens e serviços no desenvolvimento da nova economia.

A implementação das ações com objetivo de estruturar a economia do hidrogênio foi iniciada em 2003 e a primeira fase foi concluída com o lançamento do Roteiro<sup>5</sup> para a Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil em março de 2005.

O Roteiro foi elaborado sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia e apresentou sucinto diagnóstico do setor hidrogênio no Brasil. À luz das informações contidas nesse documento apresentam-se as ações e os prazos propostos com vistas à implementação gradativa da nova economia, ao longo dos próximos anos. Estas ações estão organizadas por períodos, descritos sucintamente na figura a seguir:

## THE STRUCTURE OF HYDROGEN ECONOMY IN BRAZIL

*The actions of the Ministry of Mines and Energy with the objective to coordinate the process of structuring the Hydrogen Economy in Brazil are oriented to the creation of sustainable markets for the production and use of hydrogen according to the Brazilian characteristics, in accordance with the international initiatives.*

*Under this view, the premises considered for the use of hydrogen as energy in complement to the renewable energy matrix in Brazil are the following:*

- *Diversification of the Brazilian energy matrix with increasing participation of renewable fuels;*
- *Reduction of environmental impacts, mainly those coming from the air pollution in big urban areas;*
- *Reduction of the external dependence of fossil fuels;*
- *Hydrogen production from renewable energy sources, with priority;*
- *Development of the technological basis to create reliability by the customers, and;*
- *Planning of the participation of the local industry of goods and services in the development of the new economy.*

*The implementation of actions with the objective to structure the hydrogen economy was started in 2003 and the first phase was concluded with the launching of the "Roadmap"<sup>5</sup> for Structuring the Hydrogen Economy in Brazil in March 2005.*

*The "Roadmap" was prepared under the coordination of the Ministry and Mines and Energy and presents a short diagnostic of the hydrogen sector in Brazil. The information included in this document, shows the proposed actions and schedule with the objective to implement step by step the new economy, during the next years. Those actions are organized by periods, described in the figure below:*

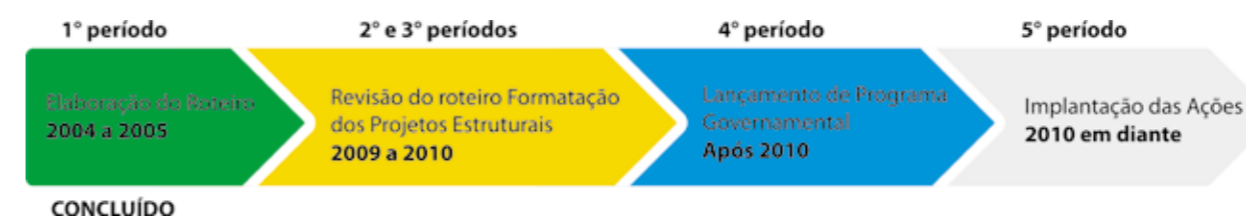


Figura 5: Passos para Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil. Fonte: Roteiro para Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil, março 2005 (revisado)

Figure 5: Steps for the Structuring of the Hydrogen Economy in Brazil. Source: Roadmap for Structuring the Hydrogen Economy in Brazil, March 2005 (reviewed)

<sup>5</sup> Roteiro para a Estruturação da Economia, MME, 2005 está disponível para download na página do Ministério no endereço [http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?channelId=2590](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=2590)

<sup>5</sup> Roadmap for Structuring the Hydrogen Economy, MME, 2005 is available to be downloaded in the website of the Ministry at the address [http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?channelId=2590](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=2590)



O planejamento dessas ações tomou por base um conjunto de marcos globais, definidos em função de prioridades, apontadas no Roteiro. Esses marcos, aqui reproduzidos, foram construídos segundo a visão de pesquisadores brasileiros e estrangeiros, do Ministério de Minas e Energia e de outros profissionais do ramo a cerca do estágio atual das atividades que configuram a cadeia do hidrogênio no mundo e de suas visões para o futuro. Levou-se em conta na elaboração dos mesmos a maturidade das tecnologias de produção, armazenamento, transporte e distribuição de hidrogênio, do desenvolvimento atual dos sistemas de conversão de energia e da identificação das possíveis aplicações deste energético no Brasil. Considerou-se também as vocações nacionais no que se refere aos insumos renováveis e fósseis, as demandas por tecnologia e por capacitação de recursos humanos, bem como a definição de instrumentos de desenvolvimento de mercado e questões regulatórias e de normalização.

Ademais, os marcos globais estabelecem, para cada insumo, quando o hidrogênio

estará disponível para uso comercial, termo entendido como a disponibilidade do produto para a venda ao consumidor em condições tecnicamente adequadas de qualidade, confiabilidade e segurança. Dessa forma, não significa estar o hidrogênio mais competitivo do ponto de vista econômico que o energético concorrente.

As prioridades a seguir não apresentam uma seqüência temporal, ao invés, evidenciam a estratégia brasileira de produção de hidrogênio, prioritariamente, a partir de fontes renováveis.

*The planning of these actions had as a basis a set of global milestones, defined according to priorities shown in the Roadmap. Those milestones below have been built according to the visions of; the Brazilian and international researchers, the Ministry of Mines and Energy, other specialists in this area about the updated status of the activities, which form the hydrogen network worldwide, and the world's vision for the future. During the preparation of the milestone, the maturity*

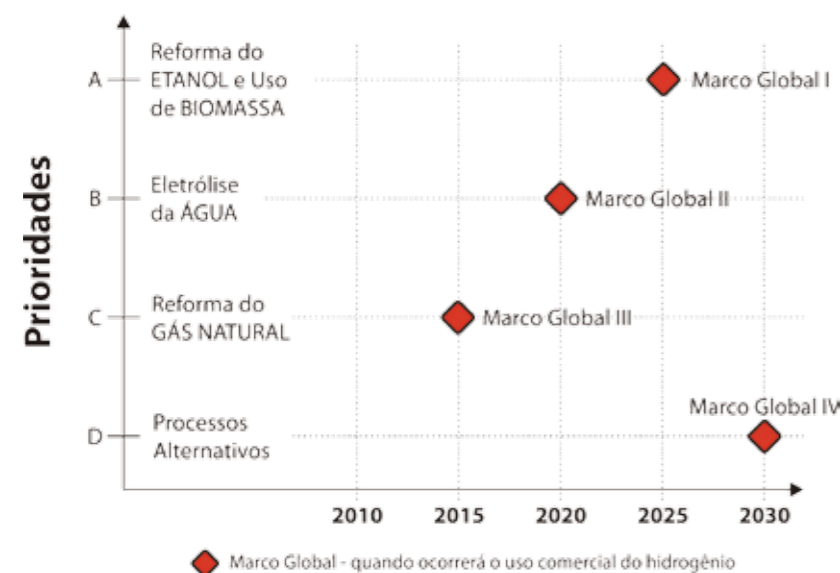


Figura 6: Marcos Globais Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil. Fonte: Roteiro para Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil, março 2005 (revisado)

Figure 6: Global Milestones for Structuring the Hydrogen Economy in Brazil. Source: Roadmap for Structuring the Hydrogen Economy in Brazil, March 2005 (reviewed)

No roteiro estão apontadas as principais aplicações para o hidrogênio como vetor energético. Nesse sentido, as aplicações estacionárias serão direcionadas, prioritariamente, para a geração distribuída de energia elétrica, no fornecimento de energia de alta confiabilidade e em sistemas de co-geração, para o atendimento de comunidades isoladas e para o armazenamento de energia. Dentre as utilizações veiculares, figuram como de maior importância, as aplicações em veículos pesados para transporte urbano coletivo e de carga.

Por fim, o roteiro apontou ainda um conjunto de desafios inerentes ao desenvolvimento da

Economia do Hidrogênio. Entre eles merece destaque que as atuais tecnologias para o uso energético do hidrogênio não lhe conferem competitividade frente aos energéticos concorrentes. Além disso, não existe hoje no Brasil e no mundo infraestrutura instalada, do ponto de vista comercial, para as atividades de produção, armazenamento, transporte, distribuição e consumo do hidrogênio energético.

*In the Roadmap are showed the main applications for hydrogen as energy source. The stationary applications are oriented, with priority, for the distributed generation of electric energy, in the energy supply with high reliability and in co-generation systems,*

*of the technologies of hydrogen production, storage, transport and distribution, was taken into account, along with the status of the development of energy conversion systems and of the identification of possible applications in Brazil. The national capabilities relative to the renewable and fossil resources, the demand for technology and for human resources qualification, as well as the definition of market development tools and questions related to regulation and standards, were also considered*

*In addition, the global milestones establish for each resource, when the hydrogen will be available for commercial use, availability for the sale to customers with appropriate technical conditions relative to the quality, reliability and safety. It is not enough to have the most economically competitive hydrogen compared to others fuels.*

*The following priorities doesn't present a time sequence, instead they show the Brazilian strategy for hydrogen production, with priority by renewable sources.*

*to attend isolated communities and for the energy storage. Among the automotive applications, the most important are the applications in heavy duty vehicles for the public urban transportation and cargo.*

*Finally the Roadmap has pointed out a set of challenges related to the development of the Hydrogen Economy. Among them is the fact that the hydrogen technologies available today are not competitive with the existing energy sources. In addition today there is not an installed commercial infrastructure in Brazil and in the world for the production, storage transport, distribution and hydrogen consumption as energy source.*

Esses desafios, embora expressivos, não configuram dificuldades intransponíveis. Ao contrário, apontam um elenco de oportunidades que farão surgir nos países que investem no seu desenvolvimento, além da diversificação estratégica da matriz energética, novas empresas de bens e serviços, assim como a focalização das atividades de pesquisa, desenvolvimento e suporte tecnológicos, indispensáveis para dar sustentabilidade aos negócios relacionados à nova economia.

Nesse contexto, o Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio, tratado a seguir, reveste-se de grande relevância e importância no âmbito da estruturação da economia do hidrogênio no Brasil haja vista que figura entre seus principais objetivos a demonstração da viabilidade operacional de ônibus à célula a combustível e da estrutura de produção e abastecimento de hidrogênio.

*Those challenges are big, however, these can be overcome. They also point out several opportunities, which can be created in the countries that invest in its development, such as; new production and services business in addition to the energy matrix diversification, as well as, increased focus on the research, development and technology support activities, which is very important to give sustainability to the business related to the new economy.*

*In the context, the Brazilian Fuel Cell Bus Project, explained below, plays an important role in structuring the new hydrogen economy in Brazil, because its main objectives are the demonstration of viable operation of fuel cell buses and of production, storage and fuelling hydrogen infrastructure.*

**THE STRUCTURE OF HYDROGEN ECONOMY IN BRAZIL**

*The necessary actions to the implementation of the Brazilian Fuel Cell Bus Project started in the early 1993, when the Ministry of Mines and Energy – MME, the National Department of Water and Electric Energy – DNAEE, the*

**O PROJETO ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO**

As ações necessárias à consecução do Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio tiveram início em 1993, quando o Ministério de Minas e Energia – MME, o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE, a Companhia Energética de São Paulo – CESP, a empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo – EMTU/SP e a Universidade de São Paulo – USP assinaram convênio para elaboração, implantação e análise dos resultados de um projeto piloto na Região Metropolitana de São Paulo para a demonstração da Estratégia Energético-Ambiental de aproveitamento de energia secundária do sistema elétrico interligado Sul/Sudeste/Centro-Oeste, para a produção de hidrogênio por eletrólise para ser usado em ônibus.

Após essa etapa inicial, o projeto foi organizado em 4 (quatro) fases que compreendem desde a elaboração de estudo de viabilidade da utilização de ônibus com célula a combustível hidrogênio até fabricação, em larga escala, de veículos para o uso no transporte urbano de passageiros.

*Energy Company of São Paulo – CESP, the Metropolitan Urban Transportation Company of São Paulo – EMTU/SP and the University of São Paulo – USP signed an agreement for the preparation, implementation and analysis of the results of a pilot project in the Metropolitan Region of São Paulo for the demonstration of the Energy-Environment Strategy for using the secondary energy of the electric system interconnected South/Southeast/Central-West, for the hydrogen production by electrolysis to be used in buses.*

*After this phase the project was organized in 4 (four) phases, which consisted of the preparation of a feasibility study for the use of hydrogen fuel cell buses including the manufacturing in large scale of vehicles for the public urban transportation application.*

*The results of the first phase of the project, which took place from 1997 to 2000, with the coordination of the MME and financed by the Global Environment Facility – GEF and the United Nations Development Program – UNDP, has been the basis for the presentation of the proposal of the next phase to the GEF.*

Os resultados da primeira fase do projeto, realizada no período de 1997 a 2000, com a coordenação do MME e financiada com recursos do Global Environment Facility – GEF e do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, serviram de insumo à apresentação de proposta ao GEF para a fase seguinte.

A Fase 2 do projeto foi iniciada em 2001, com a assinatura de convênio entre MME e EMTU/SP e do Documento de Projeto, PRODOC, com a participação da Agência Brasileira de Cooperação e do PNUD, além do MME e da EMTU, necessário ao aporte de recursos oriundos do GEF. No ano seguinte, a Financiadora de Estudos e Projeto – FINEP, empresa pública federal, vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, firmou com o MME convênio para a transferência de recursos financeiros, para a aplicação no projeto.

No arranjo institucional proposto o projeto é coordenado em conjunto pelo Ministério de Minas e Energia - MME, por meio da Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis, que exerce a função de Agência Executora Nacional, e pela EMTU/SP, que assume o papel de Agência Implementadora. Ao PNUD, cabe administrar os recursos financeiros. O GEF e a FINEP são os financiadores do projeto.

*The phase II of the project started in 2001, with the signature of the agreement between the MME and EMTU/SP and the signature of the Project Document, PRODOC, with the participation of the Brazilian Cooperation Agency, the UNDP, the MME and EMTU, necessary to attend the GEF financing's pre-conditions. In the following year, the Studies and Projects Financing Agency – FINEP, a federal governmental institution, of the Ministry of Science and Technology, signed an agreement with the MME for the transference of funds for the project.*

*The institutional partnership of the project is coordinated by the Ministry of Mines and Energy - MME, through the Secretary of Petroleum, Gas and Renewable Fuels, which has the function of the National Executing Agency and by the EMTU/SP, which has the function of the Implementing Agency. The UNDP administrates the financing resources. The GEF and the FINEP are the financing institutions of the project.*



Entre os esperados para essa segunda fase está a demonstração da viabilidade operacional dos ônibus à célula a combustível a hidrogênio e da sua estrutura de abastecimento, nas condições brasileiras. Além disso, será possível adquirir cultura técnica necessária à operação e manutenção de veículos a células a combustível a hidrogênio. Será avaliada também a performance da unidade de produção de hidrogênio.

Ademais, se busca a aquisição de dados e experiência para o desenvolvimento e nacionalização dos veículos, otimizando-os para as condições brasileiras, de modo a assegurar o sucesso nas fases subsequentes. Ao final dessa fase, será elaborada uma proposta para a fase 3 do projeto, que prevê a formação e a expansão do mercado e fabricação desse tipo de ônibus.

Convém mencionar que a construção e operação de um ônibus a hidrogênio é

um programa pioneiro na América Latina. No entanto, o ônibus brasileiro apresenta, complementarmente, algumas especificidades que vêm chamando a atenção das empresas envolvidas pelo seu aspecto inovador. Esse projeto foi o primeiro no mundo a contar com o desenvolvimento de chassi específico, projetado exclusivamente para esse ônibus.

O sistema de propulsão do ônibus integrou o aproveitamento da energia produzida no processo de frenagem para recarregar as baterias. De maneira análoga, é o primeiro ônibus à célula a combustível que utiliza sistemas de células a combustível desenvolvidos para carros de passeio, cuja oferta mundial é substantivamente maior e mais barata.

Destaca-se ainda que a produção de hidrogênio, integrada à estação de abastecimento, em fase de construção na garagem

da EMTU, se dará a partir da eletrólise da água, fonte renovável de energia.

Em síntese, o projeto do ônibus brasileiro a hidrogênio extrapola os limites de um típico projeto de demonstração e desenvolvimento na medida em que permitirá demonstrar a viabilidade operacional dos ônibus com célula a combustível, desenvolver uma especificação brasileira, tanto para equipamentos como para o combustível e absorver, desenvolver e difundir tal tecnologia.

A continuidade desse projeto possibilitará o acompanhamento tecnológico em nível mundial, especialmente na tentativa de produção do combustível em condições econômicas. Permitirá também, nas etapas seguintes, desenvolver fornecedores e operadores nacionais, bem como infraestrutura de abastecimento apropriada às condições brasileiras.

Destaca-se, ainda, que o projeto possibilita o desenvolvimento de um sistema de transporte coletivo com emissão zero de poluentes, contribuindo para a redução dos níveis de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrogênio (NOx), particulados, entre outros, e sem a necessidade de uma extensa, feia e perigosa rede de cabos elétricos.

Por fim, releva destacar que este é um projeto relevante, inovador, ambientalmente correto e, portanto, inteiramente aderente às políticas e diretrizes do MME no que tange à Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil.

*As a highlight, the project enables the development of a public transportation with zero emission of pollutants, contributing to the reduction of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), nitrogen oxide (NOx), particulates levels, among others, and without the need of a big, ugly and dangerous network of electric cables.*

*Finally, it is worth to highlight that this important, innovative and environmentally friendly project is totally in line with the policies and objectives of the MME, related to the Structuring of the Hydrogen Economy in Brazil.*

*Imagens dos testes finais do veículo em Caxias do Sul (RS)*

*Pictures of the final tests of the vehicle in Caxias do Sul (RS)*



13 novembro de 2008:  
Visita Técnica em Caxias do Sul (RS)

November 13th 2008:  
Technical Visit in Caxias do Sul (RS)



*Among the activities of the Phase II are the demonstration of the viable operation of hydrogen fuel cell buses and its fuelling infrastructure in Brazilian conditions. In addition, it will be possible to acquire technical know how and experience necessary for the operation and maintenance of hydrogen fuel cell vehicles. The performance of the hydrogen production unit will also be evaluated.*

*The data acquisition and experience for the development and national production of the vehicles, optimizing them to the Brazilian conditions, will assure the success of the next phases. During the end of this phase, a proposal will be prepared for the phase III of the project, which foresees the formation and expansion of the market and the manufacturing of this kind of buses.*

*It is important to mention that the construction and operation of a hydrogen fuel cell bus is a pioneer program in Latin America. In addition, the Brazilian bus presents some specialties, which catch the attention of the involved companies by its innovative aspect. The Brazilian Fuel Cell Bus is the first in the world to have a specially developed chassis.*

*Also, the bus propulsion system integrated the use of regenerative break energy to recharge the batteries. At the same time, it is the first fuel cell bus, which uses the fuel cell systems for passenger cars applications, for which the world demand is much higher and therefore, much less expensive.*

*Another highlight is the hydrogen production integrated in the fuelling station, which is in construction phase at the EMTU*

*garage. Hydrogen will be produced by water electrolysis, using electricity from a renewable energy source.*

*In summary, the Brazilian fuel cell bus project goes beyond a typical demonstration and development project, because it will enable the demonstration of a viable operation of fuel cell buses, it will develop a Brazilian specification for the components and for the fuel, and it will absorb, develop and disseminate this technology.*

*The continuity of this project will enable the worldwide technical follow-up, specially the attempt to produce hydrogen in commercial conditions. It will also enable in the next phases, to develop suppliers and local operators, as well as the fuelling infrastructure appropriated to the Brazilian conditions.*

**EQUIPE TÉCNICA / TECHNICAL TEAM**

*José Lima de Andrade Neto*  
Secretário de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis /  
*Secretary of Petroleum, Natural Gas and Renewable Fuels*  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / *MINISTRY OF MINES AND ENERGY*

*Marco Antonio Martins Almeida*  
Diretor / *Director*  
Departamento de Gás Natural / *Natural Gas Department*  
Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis /  
*Secretary of Petroleum, Natural Gas and Renewable Fuels*  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / *MINISTRY OF MINES AND ENERGY*

*Symone Christine de Santana Araújo*  
Coordenadora Geral de Processamento, Infraestrutura e Logística /  
*General Coordinator of Process, Infrastructure and Logistic*  
Departamento de Gás Natural / *Natural Gas Department*  
Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis /  
*Secretary of Petroleum, Natural Gas and Renewable Fuels*  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / *MINISTRY OF MINES AND ENERGY*

*Bruna Tonani Pereira*  
Especialista em Políticas Públicas e Gestão Governamental /  
*Specialist in Public Policies and Governmental Management*  
Departamento de Gás Natural / *Natural Gas Department*  
Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis /  
*Secretary of Petroleum, Natural Gas and Renewable Fuels*  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / *MINISTRY OF MINES AND ENERGY*

*Karina Gomes Barbosa*  
Assessora / *Assessor*  
Assessoria de Comunicação Social / *Social Communication Assessor*  
Gabinete do Ministro / *Minister Chamber*  
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / *MINISTRY OF MINES AND ENERGY*





# CONSTRUINDO UMA PARCERIA GLOBAL PARA O DESENVOLVIMENTO

## BUILDING GLOBAL PARTNERSHIP FOR DEVELOPMENT



### 1 - ÓRGÃOS INSTITUCIONAIS PATROCINADORES

#### 1.2 - NÍVEL INTERNACIONAL

PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO  
AGÊNCIA IMPLEMENTADORA DO GEF - GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY. O PNUD ATUA NA ADMINISTRAÇÃO GERAL DO PROJETO E FOI POR MEIO DE SUA UNIDADE DE MEIO AMBIENTE, ENERGIA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA QUE SE VIABILIZOU O ENCAMINHAMENTO DE ESTUDOS, APROVAÇÃO E FINANCIAMENTO DO PROJETO PELO GEF.

GEF – GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY

É O PRINCIPAL FINANCIADOR MULTILATERAL. NO ÂMBITO DO PROJETO, SEUS RECURSOS SÃO ENCAMINHADOS AO PNUD E POR ELE ADMINISTRADOS.

#### 1- PROJECT PARTNERS INSTITUTIONS

##### 1.2 - INTERNATIONAL LEVEL

UNDP – THE UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME  
THE GEF'S IMPLEMENTING AGENCY. THE UNDP WORKS IN THE GENERAL ADMINISTRATION OF THIS PROJECT AND ITS ENVIRONMENT, ENERGY, SCIENCE AND TECHNOLOGY UNIT HAS RECEIVED AND SUCCESSFULLY FORWARDED THE PROJECT'S STUDY, PROJECT'S APPROVAL AND PROJECT'S FINANCING TO THE GEF.

GEF – GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
THE PRINCIPAL MULTILATERAL FINANCING MECHANISM OF THIS PROJECT. FOR THIS PROJECT ITS RESOURCES HAVE BEEN GIVEN TO THE UNDP AND ADMINISTRATED BY THEM.



O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) é a rede global das Nações Unidas para o desenvolvimento presente em 166 países. Na área de Meio Ambiente e Energia, o PNUD fortalece a capacidade local para a gestão sustentável do meio ambiente e, simultaneamente, assegura a proteção adequada às populações mais pobres e vulneráveis. A organização prioriza a vertente socioambiental no planejamento do desenvolvimento, mobiliza finanças para uma melhor gestão ambiental, apóia a construção de capacidades locais para enfrentar as crescentes ameaças da degradação ambiental e das alterações climáticas. O PNUD é uma das agências implementadoras de dois mecanismos financeiros multilaterais: o Fundo para o Meio Ambiente Mundial (mais conhecido por seu nome em inglês, Global Environment Facility - GEF) e o Protocolo de Montreal, trabalhando em projetos na área de biodiversidade, mudanças climáticas, águas internacionais, desertificação e proteção da camada de ozônio. A carteira de projetos do PNUD/GEF no Brasil está relacionada aos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODMs) – buscando a redução da pobreza pela metade até 2015 – de várias maneiras. A maioria das iniciativas promove sustentabilidade ambiental e alívio da pobreza, trabalhando diretamente com comunidades locais no desenvolvimento de suas capacidades para o uso sustentável dos recursos naturais. Essas iniciativas demonstram alternativas ambientais para o desenvolvimento, gerando renda e melhorando a qualidade de vida

das comunidades locais. Os projetos PNUD/GEF contribuem também na construção de parcerias globais para o desenvolvimento, em particular com a promoção do desenvolvimento de mercado para tecnologias favoráveis ao meio ambiente.

Os cenários futuros de mudança climática global prevêem uma grande instabilidade no sistema climático, aumentando o risco à saúde e aos meios de vida de grande parte da humanidade, sendo os mais pobres os mais afetados. Muito embora não possamos prever o impacto exato dos gases que provocam o efeito estufa nas mudanças climáticas, sabemos o suficiente para reconhecer que existem sérios riscos trazidos pelo aquecimento global à humanidade. O aquecimento global irá minar o progresso humano, exacerbando as desigualdades já extremas e prendendo milhões dentre as populações mais vulneráveis do mundo em um ciclo de privação, impedindo os esforços internacionais para reduzir a pobreza extrema.

*The United Nations Development Programme (UNDP) is the development global network of the United Nations, present in 166 countries. The organization's goal in the area of environment and energy is to strengthen national capacity to manage the environment in a sustainable manner while ensuring adequate protection of the poor. Specific results have been identified to mainstream environmental and energy issues into development planning; mobilize finance for improved environmental management; address increasing threats from climate change;*

*and build local capacity to better manage the environment and deliver services, such as water and energy. In addition, UNDP is one of the implementing agencies of two multilateral financing mechanisms: the Global Environment Facility (GEF) and the Montreal Protocol, working on projects in the areas of biodiversity, climate change, international waters, desertification and protection of the ozone layer. The UNDP/GEF portfolio in Brazil is linked to the Millennium Development Goals (MDGs) – aiming at the reduction of poverty by half until 2015 - in a number of ways. Most initiatives promote environmental sustainability and poverty alleviation by working directly with local communities in developing their capacities to the sustainable use of natural resources. These initiatives demonstrate environmentally sound alternatives to development, generating income and improving the quality of life of local communities. The UNDP/GEF projects also contribute to building global partnerships for development, in particular with the promotion of market development for environmentally-friendly technologies.*

*Future scenarios of global climate change predict a greater instability of the climate system, especially in relation to climate extremes, meaning an increased risk to people's health and livelihood, with the poorest being the most affected. Even though we can not foresee the exact impact of greenhouse gas (GHG) emissions on climate change, we know enough to recognize the serious risks posed on humanity by global warming. Global warming will undermine human progress, exacerbate already extreme inequalities and trap millions of the world's most vulnerable people in a cycle of deprivation, deterring the international efforts to reduce extreme poverty.*



Por considerar a mudança climática como uma ameaça de longo prazo ao desenvolvimento humano, o PNUD/Brasil desenvolveu uma carteira de projetos para assistir o governo em atividades de mitigação, com uma variedade de projetos que vai da preparação do inventário nacional de emissões e relatório para a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, à promoção de eficiência energética e uso produtivo de energia, bem como o fortalecimento de políticas públicas para a redução do desmatamento e transformação de mercado para tecnologias mais limpas.

Neste contexto, e conforme o Programa Operacional 11 do GEF: "Promoção de Transporte Sustentável", o projeto Ônibus com Célula a Combustível a Hidrogênio para Transporte Urbano no Brasil visa à redução de emissão de gases feito estufa através da introdução de uma nova fonte de energia e tecnologia de propulsão para ônibus urbanos baseada em célula com-

bustível operando com hidrogênio. Junto a iniciativas similares em outros quatro países, esse projeto foi desenhado para iniciar e acelerar o processo de desenvolvimento e comercialização de ônibus com célula a combustível no Brasil. O Programa de Ônibus à Célula a Combustível a Hidrogênio tem como objetivo dar um grande impulso no desenvolvimento acelerado de tecnologias limpas, com baixa ou nenhuma emissão de carbono, nas metrópoles de países em desenvolvimento. O PNUD coordenou uma rede de experiências associadas a este Programa para que informações e lições aprendidas fossem trocadas entre os projetos. Entretanto, apenas a China e o Brasil obtiveram sucesso em passar para a fase de implementação de seus projetos. No fim de 2006, três ônibus CITARO da Daimler chegaram às ruas de Pequim e outros três deverão chegar a Xangai na segunda fase do projeto (estes últimos estão em processo de licitação).

No Brasil o PNUD apóia a produção e os testes em condições locais de um ônibus protótipo, valorizando a experiência e tecnologia local, e a construção da infraestrutura de abastecimento de hidrogênio. Os testes operacionais do protótipo na Região Metropolitana de São Paulo serão realizados sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia e a Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (EMTU). Após a conclusão destes testes, o Projeto prevê a construção de até quatro novos ônibus a hidrogênio para serem utilizados em condições de trânsito em São Paulo. Além da demonstração da tecnologia, o projeto resultará em valiosas contribuições ao desenvolvimento do produto para parceiros e indústrias brasileiras e internacionais que formam o Consórcio para a implementação deste Projeto PNUD/GEF.

*By considering climate change a long-term threat to human development, UNDP/Brazil has developed a portfolio to assist the government in mitigation activities, with an array of projects going from the preparation of the national emissions inventory and the reporting to the UNFCCC, to the promotion of energy efficiency and productive use of energy, the strengthening of public policies to reduce deforestation and market transformation for cleaner technologies.*

*In this context, and consistent with the GEF Operational Program 11: "Promoting Sustainable Transport", the Fuel-Cell Bus (FCB) for Urban Transport in Brazil Project aims at reducing GHG emissions through the introduction of a new energy*

*source and propulsion technology for urban buses based upon fuel-cells operating on hydrogen. Together with similar initiatives in four other countries, this Project was designed to initiate and accelerate the process of the development and commercialization of fuel-cell buses in Brazil. The FCB Programme aimed at providing a major push to the accelerated development of clean technology, with low or zero carbon emissions, in the mega-cities of developing countries. UNDP coordinated a network of experiences associated to it in order information was shared among projects and lessons learned. However, only China and Brazil succeeded in moving to the implementation phase of the projects. In late 2006, three*

*Daimler CITARO buses hit the streets of Beijing and other three are expected for Shanghai in the second phase (the latter is currently undergoing bidding procedures). In Brazil, the project supports the construction of a prototype and up to other four FCBs and of one hydrogen fueling station, and the respective operation tests in the São Paulo Metropolitan Region, under the Ministry of Mines and Energy and the São Paulo Municipality Bus Authority (EMTU) coordination. Besides technology demonstration, this project will result in an invaluable feedback into product development for the Brazilian and international partners and industries forming the Consortium for the implementation of the UNDP/GEF Project.*



Foto: Arquivo PNUD / Photos: Archive UNDP



Uma vez assegurados os recursos do GEF e FINEP (Financiadora de Estudos e Projeto), as especificações técnicas foram revisadas para apoiar a participação da indústria nacional na composição do Consórcio. Dadas às especificidades da legislação nacional quanto à abrangência das obrigações dos membros do Consórcio, houve um longo período de negociações para que todos os participantes entendessem as responsabilidades diferenciadas que eram propostas no plano dessa iniciativa de cooperação internacional. O entendimento de que esta iniciativa é, na verdade, uma parceria entre membros de consórcio, governo e instituições internacionais foi um elemento chave para o sucesso da negociação dessa fase demonstrativa.

Ao avançarmos na realização dos testes funcionais, estamos confiantes de que esse projeto abrirá caminho para a comercialização de ônibus à célula a combustível a hidrogênio, proporcionando experiência e sua crescente demanda no país, assim como contribuirá para a redução de custos e para o crescimento de escala da tecnologia, tornando-a mais acessível a outros países em desenvolvimento. Com a promoção de tecnologias mais limpas para o transporte público, construiremos alternativas de longo-prazo aos combustíveis fósseis, reduzindo emissões no setor de transporte e melhorando a qualidade do ar e as condições de saúde em áreas urbanas.

Este projeto é resultado do trabalho de muitos indivíduos que reconheceram a oportunidade dentro das prioridades estratégicas do GEF na área de mudanças climáticas para investir em tecnologia limpa para o transporte público. Algumas destas pessoas trabalhavam no PNUD na época da preparação do projeto: Richard Hosier, Cristina Montenegro, Nick Remple, Emma Torres, Cynthia Page, Rose Diegues; e conforme o programa teve continuidade muitos outros se juntaram ao grupo da casa: Carlos Castro, Narue Shiki, Jorge Oliveira, Luana Lopes, Frank Pinto, Faris

Khader, Marcel Alers, Diego Masera, Oliver Page, Fernando Barbieri, apenas para citar alguns. Outras integravam as instituições proponentes e do governo, já mencionadas em outros capítulos desta publicação, ou serviços especializados de consultoria.

#### Rose Diegues

Assessora para o GEF e Analista de Programa - Unidade de Meio Ambiente e Desenvolvimento PNUD/Brasil  
GEF Advisor and Programme Analyst - Environment and Development Unit UNDP/Brazil

#### Carlos Castro

Coordenador Unidade de Meio Ambiente e Desenvolvimento PNUD/Brasil / Coordinator Environment and Development Unit UNDP/Brazil

#### Diego Masera

Assessor Técnico Regional de Mudança Climática - Centro de Serviços Regional do PNUD / Climate Change Regional Technical Adviser - UNDP Regional Service Centre

*Once funding was secured from the GEF and FINEP, technical specifications were reviewed in order to foster the participation of the national industry in the Consortium composition. Given national legislation specificities for the scope of liability of Consortium members, a long period of negotiations was undertaken in order all parties understood the differentiated responsibilities proposed within the framework of this international cooperation initiative. The understanding that this initiative is, in fact, a partnership among consortium members, government and international institutions was a key element for the successful negotiation of this demonstration phase.*

*As we advance on the functional tests, we are confident that this project will pave the way for FCB commercialization, providing experience and increasing demand for them in the country, and contributing to cost-reductions and scaling-up of the technology in order to make it more available to other developing countries. With the promotion of cleaner mass transportation technologies, we will also contribute in the long-run to alternatives to fossil fuels, curbing emissions in the transport sector and improving air quality and health conditions in urban areas.*

*This project resulted from the work of many individuals who recognized the window of opportunity within the GEF strategic priorities for climate change to invest in a cleaner technology for mass transportation. Some of the people worked at UNDP at the time of project preparation: Richard Hosier, Cristina Montenegro, Nick Remple, Emma Torres, Cynthia Page, Rose Diegues; and as the FCB Programme continued, many others joined the in-house group: Carlos Castro, Narue Shiki, Jorge Oliveira, Luana Lopes, Frank Pinto, Faris Khader, Marcel Alers, Diego Masera, Oliver Page and Fernando Barbieri, just to mention a few. Others were part of the government and proponent institutions, already mentioned in other chapters of this publication, or were part of specialized consulting services.*



# COORDENAÇÃO TÉCNICA NACIONAL E INSERÇÃO DA TECNOLOGIA NO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO METROPOLITANO

## NATIONAL TECHNICAL COORDINATION AND TECHNOLOGY INTEGRATION IN THE METROPOLITAN PUBLIC TRANSPORT SYSTEM

### EMTU

A busca por cidades mais saudáveis é o objetivo dos projetos de aprimoramento tecnológico que privilegiam a proteção ambiental no setor de transporte público de passageiros. Trilhando este caminho, a Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo - EMTU/SP desenvolve estudos e pesquisas com combustíveis alternativos e tecnologia veicular e estabelece diretrizes ambientais para seus parceiros, visando promover o transporte público com sustentabilidade. Neste contexto, a empresa reafirma tal compromisso sócio-ambiental ao coordenar nacionalmente o "Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio", uma iniciativa inovadora e de vanguarda no setor.

lares de ônibus intermunicipais, fretamentos e serviços especiais, como o que liga os aeroportos de Congonhas e Guarulhos, na Grande São Paulo. Trata-se de uma sociedade anônima de economia mista e de capital fechado controlada pelo Governo do Estado de São Paulo e vinculada à Secretaria dos Transportes Metropolitanos.

*The goal of technology improvement projects which emphasize environmental protection in the sector of public passenger transport is to reach healthier cities. Following this way, the Metropolitan Urban Transport Company of São Paulo - EMTU/SP develops studies and research with alternative fuels and vehicle technology and establishes environmental guidelines for its partners, to promote public transport with sustainability. In this context, the company enforces its social and environmental commitment, as the National Coordinator of "the Brazilian Fuel Cell Bus Project", an innovative and cutting edge initiative in the sector.*

*Founded in 1977, EMTU/SP is the largest manager company of metropolitan transport systems on wheels in Brazil. As main responsibilities, EMTU/SP should manage the low and medium capacity transport systems, planning and overseeing the intercity passenger transport in the metropolitan regions of São Paulo State (São Paulo, Campinas and Baixada Santista). The scope includes the regular bus system, charter buses and special services such as those linking the airports of Congonhas and Guarulhos, in Great São Paulo. EMTU/SP is a mixed economy and closed capital corporation, controlled by the State Government of São Paulo and linked to the Metropolitan Transport Secretariat.*

Criada em 1977, a EMTU/SP é a maior gestora de sistemas de transportes metropolitanos sobre pneus do Brasil. Tem como atribuição o gerenciamento de sistemas de baixa e média capacidades, planejando e fiscalizando o transporte intermunicipal de passageiros nas Regiões Metropolitanas do Estado de São Paulo (São Paulo, Campinas e Baixada Santista). Atua nos serviços regu-



Credito/Credit: EMTU/SP - 2009.



## 1 - ÓRGÃOS INSTITUCIONAIS PATROCINADORES

### 1.3 - NÍVEL ESTADUAL

EMTU/SP – EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS DE SÃO PAULO S.A  
É A AGÊNCIA IMPLEMENTADORA E COORDENADORA NACIONAL DO PROJETO. A EMTU/SP É UMA EMPRESA VINCULADA À SECRETARIA DOS TRANSPORTES METROPOLITANOS DO ESTADO DE SÃO PAULO, DO GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO – GESP.

### 1- PROJECT PARTNERS INSTITUTIONS

#### 1.3 - STATE LEVEL

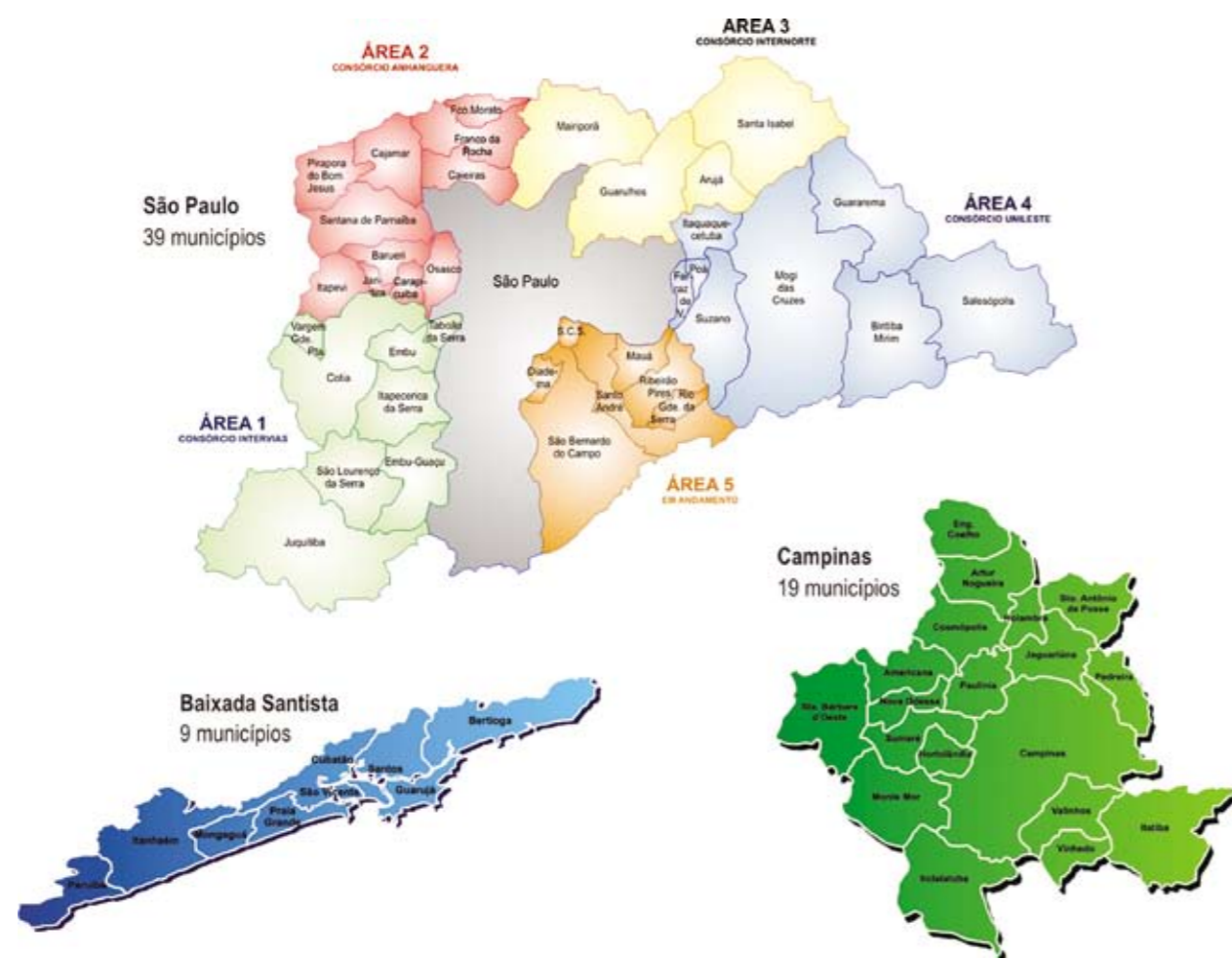
*EMTU/SP - SÃO PAULO METROPOLITAN URBAN TRANSPORT COMPANY  
THE IMPLEMENTING AGENCY AND NATIONAL COORDINATOR OF THE PROJECT. EMTU/SP IS LINKED TO THE  
SECRETARY OF METROPOLITAN TRANSPORT OF THE SÃO PAULO' STATE OF GOVERNMENT OF SÃO PAULO  
STATE – GESP.*

EMTU



A empresa está presente em 67 municípios, o que significa gerenciar o sistema intermunicipal de transporte público para mais de 23 milhões de habitantes. Ao todo, a EMTU/SP administra e fiscaliza aproximadamente 5,7 mil ônibus que operam em 900 linhas e serviços complementares nas três Regiões Metropolitanas, transportando 50 milhões de passageiros por mês. Além disso, gerencia onze terminais de troncalização e integração de transportes metropolitanos e municipais, nas Regiões Metropolitanas de São Paulo (RMSP) e Campinas. A empresa também realiza fiscalização e inspeção da frota de veículos de fretamento de transporte metropolitano (ônibus rodoviários), checando mais de 300 itens mecânicos, elétricos e de segurança. Em 2008, foram efetuadas 15 mil inspeções.

*The company is present in 67 municipalities, which means managing a public transportation system for more than 23 million inhabitants. As a total, EMTU/SP manages and supervises approximately 5.7 thousand buses operating on 900 routes, as well as additional services in the three metropolitan regions, carrying 50 million passengers per month. Moreover, the company manages eleven terminals and also the integration of municipal and metropolitan transport systems, in the metropolitan regions of São Paulo (MRSP) and Campinas. The company also carries out regular supervision and inspection of the charter vehicle fleet, checking over 300 items, mechanical and electrical safety. In 2008 15 thousand vehicular inspections were executed.*



REGIÕES METROPOLITANAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – ÁREAS DE ATUAÇÃO DA EMTU/SP  
Fonte: EMTU/SP - 2009.

METROPOLITAN REGIONS OF SÃO PAULO STATE / BRAZIL – EMTU/SP'S MANAGEMENT AREAS  
Source: EMTU/SP - 2009.

**A RESPONSABILIDADE DA EMTU/SP NO PROJETO**

O ônibus é hoje o principal e mais capilarizado meio de transporte utilizado pelas populações urbanas, sendo um meio de transporte de grande relevância, especialmente para as camadas de baixa renda nas grandes metrópoles. Além de promover a integração dos municípios, por sua flexibilidade (facilidade na alteração de rotas) e agilidade, amplia as condições de mobilidade aos que vivem em locais de difícil acesso ao transporte estruturador sobre trilhos.

Nas regiões metropolitanas, com suas expressivas dimensões e concentrações da população, buscar qualidade nesse tipo de transporte e uma permanente satisfação

do usuário é, simultaneamente, promover a acessibilidade e o desenvolvimento humano, valorizando o cidadão ao melhorar substancialmente seu cotidiano e suas condições de locomoção. Neste contexto, insere-se também uma preocupação com a qualidade ambiental das áreas urbanas que, se não tem no transporte a única causa de perda de qualidade, recebe significativa parcela de contribuição com a emissão de poluentes promovida pela tecnologia tradicional de veículos movidos a motores a diesel de combustão interna.

Diante desse cenário, é política da EMTU/SP a proteção e a qualidade ambiental no transporte metropolitano. Para tanto, existe uma constante busca de soluções que levem em conta a preservação do meio ambiente, como os testes de processos

e tecnologias que permitam minimizar as emissões e consumo, tais como: o ônibus de ciclo diesel movido a etanol, os sistemas mistos diesel e gás natural, a utilização de ônibus híbridos, veículos e corredores com eletrificação (trólebus), a troncalização de sistemas, sistema de catalisadores e retrofit, e, mais recentemente e de forma pioneira, a incorporação da tecnologia do hidrogênio. Assim, a empresa investe para transformar o sistema de transporte de passageiros, por meio de tecnologia de ponta existente apenas em países desenvolvidos, buscando a melhoria de qualidade de vida para o usuário do sistema de transportes e para a população em geral.



Credito: Cofre/ EMTU/SP - 2009.

**EMTU/SP RESPONSIBILITY IN THE PROJECT**

*The bus system is nowadays the main and most accessible means of transport used by urban populations, as a means of transport of great importance, especially for low income population in big cities. Besides promoting the integration of municipalities, due to their flexibility (easy modification of routes) and agility, the bus system increases mobility conditions for those living in places difficult to be accessed by transport rail systems.*

*In metropolitan areas, with their significant size and concentration of the population, improve the quality of transportation systems and the permanent user*

*satisfaction means, simultaneously, to promote accessibility and human development, enhancing the citizen condition, as long as their daily conditions of mobility are improved. In this context is also present the concern about the environmental quality of urban areas that, if the transport is not the only cause of loss of quality, it is responsible for significant portion of the contribution to the emissions generated by the traditional engines of diesel vehicles.*

*In this scenario, EMTU/SP politics is concerned about the environmental quality and protection in the metropolitan transport. Thus, constant researches about alternative solutions have been carried out taking into account the preservation of the*

*environment, as the testing of processes and technologies to minimize emissions and fuel consumption, such as the bus with diesel powered with ethanol, hybrid systems with diesel and natural gas, the use of hybrid buses, vehicles and corridors with electrification (trolley-bus), the rationalization of bus network, catalysts and retrofit system and, more recently and in a pioneer way, the incorporation of hydrogen technology. Thus, the company invests to transform the passenger transport system by means of cutting edge technology available only in developed countries, seeking to improve quality of life for the user of the transport system and for the general population.*



A EMTU/SP atua no "Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio" como Agência Nacional de Implementação. Essa responsabilidade foi alcançada pelo fato de a empresa ser altamente sofisticada do ponto de vista de gestão, ser economicamente auto-suficiente, e apresentar grande capacidade e qualificação técnica, reconhecida internacionalmente. Sua responsabilidade tem como foco coordenar e garantir o andamento do projeto junto aos agentes executores e financiadores, auxiliando nos trabalhos de especificação, construção e fornecimento dos ônibus e no acompanhamento e preparo do suporte necessário para a instalação da infraestrutura de produção de hidrogênio, além de fazer o contato direto entre as empresas consorciadas. Outro papel atribuído à EMTU/SP é o de assegurar que a informação coletada e a experiência adquirida possam ser compartilhadas por meio das fronteiras nacionais e comerciais. Para atender o projeto, a empresa colocou à disposição pessoal técnico e administrativo altamente qualificado.

A EMTU/SP também garantirá a inserção dos ônibus para circularem e serem

testados no Corredor Metropolitano ABD (São Mateus – Jabaquara), sob seu gerenciamento e operado pela Concessionária Metra. O corredor possui 33 quilômetros de extensão e percorre cinco municípios paulistas (São Paulo, Santo André, Mauá, São Bernardo do Campo e Diadema). A empresa também coordenará a instalação de uma estação de produção de hidrogênio na garagem da referida concessionária, em São Bernardo do Campo.

*EMTU/SP takes part in "the Brazilian Hydrogen Fuel Cell Bus Project" as the National Agency for Implementation. This responsibility has been achieved because the company is highly prepared in terms of management, is economically self-sufficient and has great technical capacity, internationally recognized. The company's responsibility is to coordinate and ensure the progress of the project close to the implementing agents and lenders, supporting the work of specification, construction and provision of bus and in the monitoring and preparation of the*

*necessary support for the installation of infrastructure for production of hydrogen, as well as promote the direct contact among the consortium companies. Another role for EMTU/SP is to ensure that the information collected and the experience gained can be shared through national and trade borders. To meet the project, the company made available administrative and technical staff highly qualified.*

*EMTU/SP also will ensure the integration of the bus to be tested in the Metropolitan Corridor ABD (São Mateus - Jabaquara), managed by EMTU/SP and operated by the Concessionaire Metra. The corridor is 33 kilometers long and covers five municipalities (São Paulo, Santo André, Mauá, São Bernardo do Campo and Diadema). EMTU/SP will also coordinate the installation of a hydrogen production station in the garage of the Concessionaire, in São Bernardo do Campo.*

#### Região Metropolitana de São Paulo — Traçado do Corredor Metropolitano ABD



INSERÇÃO DO CORREDOR METROPOLITANO ABD NA REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE SÃO PAULO – LOCAL DE OPERAÇÃO DO ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO  
Fonte: EMTU/SP - 2008.

INSERTION OF ABD METROPOLITAN CORRIDOR IN SÃO PAULO METROPOLITAN AREA – THE BRAZILIAN FUEL CELL BUS OPERATION SITE  
Source: EMTU/SP - 2008.



VISÃO GERAL DO CORREDOR METROPOLITANO ABD – LOCAL DE USO E APLICAÇÃO DO ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO - SISTEMA COM ALTA CAPACIDADE DE TRANSPORTE  
Fonte: EMTU/SP - 2008.

ABD METROPOLITAN CORRIDOR OVERVIEW – THE BRAZILIAN FUEL CELL BUS USE AND APPLICATION - SITE HIGH CAPACITY OF TRANSPORTATION SYSTEM  
Source: EMTU/SP - 2008.

Com essa participação no Projeto, a EMTU/SP pretende desenvolver e adotar um meio de transporte coletivo seguro, moderno, de tecnologia avançada, confortável e com emissão zero de poluentes, contribuindo para a redução dos níveis de poluição e gases de efeito estufa na atmosfera. Além da diminuição dos impactos ambientais, o ônibus movido a hidrogênio também colabora com a diminuição de ruídos e com a umidificação do ambiente. A empresa também quer aprofundar e ampliar o conhecimento de uma tecnologia mundialmente nova, possibilitando que o Brasil ocupe uma posição de destaque e, com isso, crie uma especificação nacional para os ônibus com célula de combustível a hidrogênio. Na forma em que foi concebido, o Projeto tem como retorno esperado o desenvolvimento de pesquisas e a criação de uma ampla cadeia de fornecimento para esse mercado, com os componentes já nacionalizados no protótipo. Também se projeta a criação de bases para o desenvolvimento e aperfeiçoamento

de células de combustível a hidrogênio e sistemas, bem como fontes de energia que permitirão no futuro próximo o aproveitamento do hidrogênio em larga escala no sistema de transporte coletivo brasileiro.

Por conta de seu comprometimento com o transporte público sustentável, a EMTU/SP participou desde o início das tratativas do processo que culminou no estabelecimento do "Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio". Já em 1993, foi um dos signatários do convênio para a elaboração, instituição e análise dos resultados de um projeto piloto na Região

*Participating in the Project EMTU/SP intends to develop and to adopt a safe, modern, advanced technology, comfortable and zero pollutants emission of means of public transportation, contributing to the reduction of pollution levels and greenhouse gases in the atmosphere. Besides the reduction of environmental impacts, the fuel cell bus also contributes to the reduction of noise and to the humidification of the environment. The company also wants to get deeper and broaden the knowledge of a new world technology, enabling Brazil to occupy a position of prominence and thereby create a national specification for hydrogen fuel cell buses.*

*As it was designed, the project is expected to return research development and an extensive supply chain for this market, with components already nationalized in the prototype. It also designed the creation of bases for the development and improvement of the hydrogen fuel cells and systems, as well as energy sources that will*

Metropolitana de São Paulo. O objetivo do documento era a demonstração da "Estratégia Energético-Ambiental" de aproveitamento de energia secundária do sistema elétrico interligado Sul/Sudeste/Centro-Oeste do Brasil, com matriz fortemente centrada na hidroeletricidade, por meio da produção de hidrogênio por eletrólise, para ser usado como combustível em ônibus de transporte coletivo. Integraram também o convênio o Ministério de Minas e Energia (MME), o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), a Companhia Energética de São Paulo (Cesp) e a Universidade de São Paulo (USP).

*in the near future allow the use of hydrogen in large scale in the Brazilian system of public transport.*

*Due to its commitment with sustainable public transport, EMTU/SP participated since the beginning of the dealings, in the process that culminated in the establishment of the Brazilian Fuel Cell Bus Project. In 1993, EMTU/SP was one of the signatories to the agreement for the development, introduction and analysis of the results of a Pilot Project in the São Paulo Metropolitan Area. The objective of the paper was the demonstration of "Energy-Environmental Strategy" of exploiting the energy of the secondary electrical system interconnecting South/Southeast/Center-West of Brazil, with an electric energy matrix strongly focused on hydroelectricity, through the production of hydrogen by electrolysis to be used as fuel in public transport bus. The agreement also included the Ministry of Mines and Energy (MME), the National Department of Water and Electricity (DNAEE), the Energy Company of Sao Paulo (CESP) and the University of São Paulo (USP).*



Diversas atividades, pesquisas e extensas negociações foram desenvolvidas em conjunto entre essas entidades, culminando, em 1997, na aprovação pelo Global Environment Facility (GEF) de recursos para o desenvolvimento da fase 1 do "Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio". Partiu-se de uma estratégia mundial de introdução de projetos de ônibus a célula a combustível a hidrogênio, financiados com recursos do GEF, com o objetivo de se apurar a viabilidade tecnológica e financeira. Em 2000, ocorreu a ratificação do projeto brasileiro pelo Conselho Executivo do GEF, que em si difere-se de todos os outros no âmbito mundial, por estar baseado em premissas e conceitos diferenciados dos demais, tais como:

- Utilizar os períodos de baixa demanda de energia nas geradoras para produção de hidrogênio por eletrólise;
- Construir o ônibus no Brasil, em vez de adquiri-lo pronto no mercado, como todos os demais projetos no mesmo âmbito;

- Focar o desenvolvimento do projeto na incorporação de tecnologia;
- Promover a nacionalização de todos os componentes possíveis na construção do veículo;
- Aproveitar a situação estratégica de que o Brasil é o maior fabricante mundial de chassis e carrocerias para ônibus;
- Reduzir os altos custos da tecnologia em nível mundial; e
- Incorporar conceitos e experiências genuinamente nacionais no projeto, como a hibridização de sistemas.

A etapa seguinte, já com a participação da EMTU/SP na qualidade de Agência Nacional Implementadora do Projeto, consistiu na formação de um consórcio internacional de fornecedores de equipamentos e serviços líderes em seus ramos de atividade. A estratégia foi reunir empresas plenamente capacitadas para desenvolver o projeto e construção do veículo protótipo e da infraestrutura de produção e abastecimento de hidrogênio, garantindo, ainda, a participação

de empresas brasileiras para assegurar a fabricação do veículo no país. Conseguiu proporcionar um custo muito reduzido e competitivo em termos de mercado mundial ao priorizar a aquisição e repasse de conhecimento tecnológico para uma produção nacional desse veículo, aliada à grande experiência na produção de chassis e carrocerias, bem como a incorporação de conceitos que alteraram o paradigma dessa tecnologia para fabricação de ônibus.



LOGOMARCA DO CONSÓRCIO E CIAS. ENTIDADES QUE PARTICIPAM DO PROJETO DO ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO  
Fonte: EMTU/SP - 2009.

Several activities, research and extensive negotiations were conducted joining such organizations, achieving in 1997 the approval of resources for the development of Phase 1 of "the Brazilian Fuel Cell Bus Project" by the Global Environment Facility (GEF). The Project was started from a global strategy for the introduction of hydrogen fuel cell buses, financed with resources from GEF, aiming to assess technological and financial feasibility of the project. In 2000, there was the ratification of the Brazilian project by the Executive Council of GEF, which itself is different from all others in the world, being based on different assumptions and concepts, such as:

- The use of periods of low power demand, for the production of hydrogen by electrolysis;
- Build the bus in Brazil, rather than buying it ready in the market, like all other projects in that field;

- Focus on the incorporation of technology along the development of the project;
- Promote the nationalization of all possible components involved in the construction of the vehicle;
- Use the strategic situation that Brazil is the world's largest manufacturer of bus chassis and bodies;
- Reduce the high cost of technology worldwide, and
- Incorporate national concepts and experiences in the project, as the hybrid systems.

The next step, with the participation of EMTU/SP as the National Agency for Project Implementation, consisted in the formation of an international consortium of equipment suppliers and service leaders in their fields of activity. The strategy was to form a group of capable companies to develop the design and the construction of

LOGO OF CONSORTIUM AND COMPANIES PARTICIPATING IN BRAZILIAN FUEL CELL BUS PROJECT  
Source: EMTU/SP - 2009.

the prototype vehicle and the infrastructure for hydrogen production and supply, ensuring also the participation of Brazilian companies to produce the vehicle in the country. It was possible to achieve a very low and competitive cost in terms of the global market, as long as the purchase and transfer of technological knowledge for production of that vehicle was prioritized, using the extensive experience in the production of chassis and bodies, and the incorporation of concepts that have changed the paradigm of this technology for the manufacture of buses.

## A EFETIVAÇÃO DOS TESTES E DA ESTAÇÃO DE PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO

Com o apoio da Metra, concessionária do Corredor Metropolitano ABD, a EMTU/SP inseriu — por meio de convênio — a tecnologia do hidrogênio na frota que circula no Corredor e, ao mesmo tempo, propiciou a instalação da unidade de produção e abastecimento de hidrogênio dentro da garagem da Concessionária. Com isso, os ônibus movidos a hidrogênio serão testados durante todo o período do Projeto nesse sistema, gerenciado pela EMTU/SP. Trata-se de um corredor estruturador do sistema de transporte intermunicipal na região do ABCD paulista, que é totalmente segregado do trânsito comum e possui oito terminais metropolitanos. Devido suas características, possui uma expressiva demanda de passageiros (250 mil/dia) e alta velocidade operacional média (25 km/h). Suas condições foram consideradas ideais para os testes dos ônibus movidos a hidrogênio em condições reais de operação.

A unidade de produção e abastecimento de hidrogênio será instalada dentro da garagem da Metra, no mesmo complexo de controle e manutenção do sistema do Corredor, onde também fica atualmente a sede da EMTU/SP, em São Bernardo

do Campo. A estação é composta por um conjunto de processos que utilizará a eletrólise como sistema básico, tendo dois elementos de origem do processo. São eles: a água oriunda do sistema público de abastecimento — que testada apresentou excelente qualidade para o propósito — e a energia elétrica do sistema hidro-energético brasileiro, que será fornecida em corrente alternada na voltagem 480 Volts por concessionária participante do consórcio.

## THE HYDROGEN FUEL CELL BUS TESTS AND PRODUCTION AND SUPPLY STATION

With support from Metra, concessionaire of the Metropolitan Corridor ABD, EMTU/SP introduced - by agreement - the technology of hydrogen in the fleet circulating in the Corridor and at the same time, provided the installation of the unit of production and supply of hydrogen inside the garage of the Concessionaire. Therefore, the fuel cell hydrogen powered buses will be tested throughout the period of the Project on that system, managed by EMTU/SP. This is a corridor that structures the transport system in the ABCD Region, and is totally segregated from common transit in eight metropolitan terminals. It has a

significant demand of passengers (250 thousand/day) and high average operating speed (25 km/h). The ABD Corridor conditions were considered ideal for running the tests of hydrogen powered buses in real conditions of operation.

The hydrogen production and supply unit will be installed inside the garage of Metra, in the same facility where the Corridor system is managed and maintained, and where currently the headquarters of EMTU/SP are located, in São Bernardo do Campo. The station consists of a set of processes that use electrolysis as the basic system, and two elements to start the procedure. They are: the water from the public supply system - which was tested presenting an excellent quality for the purpose - and the electricity of the Brazilian hydropower system, which will be provided in the AC voltage, 480 Volts, by concessionary participant of the consortium.



SEDE DA EMTU/SP - LOCAL ONDE SERÁ IMPLANTADA A UNIDADE DE PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO DE HIDROGÊNIO DO PROJETO  
Fonte: EMTU/SP - 2009.

HEADQUARTERS OF EMTU/SP - SITE WHERE THE PRODUCTION HYDROGEN AND SUPPLY UNIT OF THE PROJECT WILL BE INSTALLED  
Source: EMTU/SP - 2009.



O processo prevê a remoção das moléculas de hidrogênio, a partir da quebra das moléculas de água, isolando o hidrogênio e liberando as moléculas de oxigênio para a atmosfera. O hidrogênio, depois de filtrado e purificado, será comprimido a alta pressão e reservado em tanques especiais, que servirão de reservatório para o abastecimento do ônibus.

A instalação da unidade de produção e abastecimento é feita dentro das mais rígidas normas de segurança, obedecendo a padrões e normas internacionais. Assim, permite-se que tanto o ônibus quanto o sistema de produção e abastecimento possam proporcionar toda a segurança exigível, de forma a não oferecer riscos ao patrimônio e às pessoas. A operação da estação será feita por funcionários especialmente treinados e capacitados para atuar em qualquer das situações possíveis.

## CONTEXTO HISTÓRICO E TÉCNICO DA PARTICIPAÇÃO DA EMTU/SP NO PROJETO

### 1. ASPECTOS AMBIENTAIS

Os ônibus urbanos a diesel desempenham importante papel no transporte público de passageiros. No entanto estão entre os maiores contribuintes para a poluição do ar em áreas urbanas, especialmente em grandes cidades e regiões metropolitanas. Nos países em desenvolvimento, como no caso do Brasil, os ônibus representam o atendimento da maior demanda de passageiros e cerca de 80% do mercado dos sistemas de transportes.

Os ônibus também contribuem com significativa e crescente participação para as emissões de gases de efeito estufa (GHG). A alternativa dos ônibus elétricos (trólebus), com linhas de tráfego totalmente eletrificadas, oferece solução limitada para esses problemas, pois a necessidade de redes de cabos aéreos restringe sua flexibilidade. Além disso, apresenta alto custo de instalação, limitação de sua adoção em rotas de alta densidade de passageiros – sistemas estruturadores – e possui um componente importante de interferência na paisagem.



Credito/Credit: EMTU/SP - 2009.

*The process removes hydrogen molecules from breaking molecules of water, isolating the hydrogen molecules and releasing the oxygen into the atmosphere. The hydrogen, after filtered and purified, will be compressed to high pressure and kept in special tanks, which serve as a reservoir to supply the buses.*

*The installation of the production and supply unit is done within the strictest safety standards, according to international standards and norms. Thus, it was found that both the bus and the system of production and supply can provide all the security required, protecting people and property against risks. The operation of the station will be made by staff especially trained and qualified to act in any possible situation.*

## HISTORICAL BACKGROUND AND THE TECHNICAL PARTICIPATION OF EMTU/SP IN THE PROJECT

### 1. ENVIRONMENTAL ASPECTS

*Urban diesel buses play an important role in public transport of passengers. However, they are the one of largest contributors to air pollution in urban areas, especially in large cities and metropolitan regions. In developing countries, such as Brazil, the buses attend the largest demand of passenger transport service and about 80% of the transport systems market. Buses also contribute significantly and progressively for the emission of greenhouse gases (GHG). The alternative of electric buses (trolley-bus), with traffic lanes completely electrified, offers limited solutions to these problems, because the need for cables air network restricts their flexibility. Moreover, it presents high costs of installation, limiting their implementation in high-density passenger routes – as the structural transport systems – and means an important interference in the landscape.*

A despeito dos grandes esforços governamentais e privados ao longo de três décadas para lidar com a poluição atmosférica, a Região Metropolitana de São Paulo continua a apresentar episódios e indicadores desfavoráveis da qualidade do ar, que ficam abaixo de padrões aceitáveis pela Organização Mundial de Saúde (OMS), em média, durante 140 dias por ano. Os motores de combustão interna movidos a diesel, tanto da frota de caminhões quanto de ônibus, representam uma contribuição significativa às emissões tóxicas, segundo relatório da Companhia

de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb), agência do Governo de São Paulo. Em média, são verificados nos episódios:

- mais de 25% de monóxido de carbono (CO);
- 20% de hidrocarbonetos não queimados (HC);
- 80% de óxidos de nitrogênio (NOx);
- 75% de óxidos de enxofre (SOx); e
- 30% de material particulado (MP).

O ônibus a diesel percorre em média 85 mil km a cada ano, no sistema metropolitano gerenciado pela EMTU/SP. Segundo o

Relatório de Qualidade do Ar da Cetesb, de 2002, pode-se considerar como parâmetro em cada quilômetro percorrido a emissão de aproximadamente:

- 18 g de monóxido de carbono (CO);
- 13 g de óxidos de nitrogênio (NOx);
- 0,5 g de óxidos de enxofre (SOx);
- 2,9 g de hidrocarbonetos não-queimados (HC's); e
- 0,8 g de material particulado (MP).



VISÃO GERAL DE SÃO PAULO COM EPISÓDIO DE INVERSÃO TÉRMICA – CAMADA DE POLUIÇÃO  
Fonte: SP\_poluição\_CREDITOxcFERNANDOIO - 2004.

GENERAL VIEW OF SÃO PAULO CITY WITH A THERMAL REVERSAL POLLUTION INVERSION EPISODE – POLLUTION LAYER  
Source: SP\_poluição\_CREDITOxcFERNANDOIO - 2004.

*Despite the large government and private efforts over the last three decades to deal with air pollution, the Metropolitan Region of São Paulo continues to show adverse events and indicators of air quality, which are below the acceptable standards by the World Health Organization (WHO) on average over 140 days per year. Internal combustion engines powered by diesel, including both the fleet of trucks and buses, represent a significant contribution to the toxic emissions, according to the second report of the Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb),*

*environmental and sanitation technology agency of the Government of São Paulo. On average, the following results are verified:*

- More than 25% of carbon monoxide (CO);
- 20% of unburned hydrocarbons (HC);
- 80% of nitrogen oxides (NOx);
- 75% of sulfur oxides (Sox) and
- 30% of particulate matter (PM).

*The diesel bus runs an average of 85 thousand kilometers each year, in the metropolitan transport system managed by EMTU/SP. According to the Air Quality*

*Report of Cetesb (2002), the following emissions values can be considered as parameters for each km traveled:*

- 18 g of carbon monoxide (CO);
- 13 g of nitrogen oxides (NOx);
- 0.5 g of sulfur oxides (SOx);
- 2.9 g of non-burned hydrocarbons (HC's), and
- 0.8 g of particulate matter (PM).



Conforme detalhado na tabela 1, a seguir, isto resultará, após um ano de operação de um ônibus, em emissões totais de:

*As detailed in Table 1, below, this will result, after a year of operation, in the following total emissions:*

TABELA 1 • TABEL 1	
ÔNIBUS A DIESEL - MÉDIA DE EMISSÃO DE POLUENTES NO SISTEMA METROPOLITANO DE SÃO PAULO	
DIESEL BUS - POLLUTANTS EMISSIONS AVERAGE IN SÃO PAULO METROPOLITAN SYSTEM	
Quilômetro percorrido ao ano (em média) / Distance traveled per year (on average)	84.857 km.
EMISSIONS ESTIMATED / EMISSIONS ESTIMATED	TONELADAS / TONS
Monóxido de Carbono (CO) / Carbon Monoxide (CO)	1,510
Óxidos de Nitrogênio (NO <sub>x</sub> ) / Nitrogen Oxides (NO <sub>x</sub> )	1,103
Óxidos de Enxofre (SO <sub>x</sub> ) / Sulfur Oxides (SO <sub>x</sub> )	0,036
Hydrocarbonetos não queimados (HC) / Unburned Hydrocarbons (HC)	0,246
Material Particulado (MP) / Particulate Matter (PM)	0,069
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) / Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	81,350
Fonte: Elaborado pelo autor, 2009. / Compiled by the author, 2009	

Já existe um cronograma de introdução destas restrições no Brasil, por meio do Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve), iniciando-se com a introdução do padrão de emissão Euro V em 2012. Os padrões de emissões estabelecidos como “ultra-baixo” somente podem ser atendidos por ônibus elétricos (trólebus), ônibus com motores a diesel modernos com padrão de emissão Euro V (obrigatório a partir de 2012) ou EEV (ainda sem previsão de fabricação no Brasil) e ônibus elétricos célula a combustível alimentados a hidrogênio.

O Governo do Estado de São Paulo está comprometido com a extensão do uso de recursos energéticos renováveis e não

poluentes para alimentar os transportes públicos na Região Metropolitana de São Paulo. Como parte disto, a EMTU/SP possui em operação no sistema uma frota de 78 veículos elétricos no Corredor Metropolitano ABD. Além disso, planeja a extensão do sistema eletrificado desse Corredor e a transformação de toda a frota (278 veículos) em sistema eletrificado (trólebus), por meio do Plano de Expansão do Governo do Estado que, via Secretaria dos Transportes Metropolitanos, investirá R\$ 20 bilhões no setor até 2010 (Metrô, trens e ônibus metropolitanos). O Plano também prevê a triplicação da extensão de corredores de ônibus exclusivos, abrangendo as três Regiões Metropolitanas de São Paulo.



POLUIÇÃO GERADA PELOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA  
Fonte: Carlos Zundt - 2009.

POLLUTION GENERATED BY INTERNAL COMBUSTION ENGINES  
Source: Carlos Zundt - 2009.

Os ônibus movidos a motores de combustão interna a diesel representam a maior parcela da frota de veículos do sistema metropolitano, correspondendo atualmente a perto de 99% do total da frota. Esses ônibus são responsáveis por significativa parcela das emissões tóxicas – até 6% do total no caso de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>). Os ônibus a diesel contribuem com mais da metade do material de particulado encontrado nos corredores de ônibus. Estima-se

*The internal combustion engines buses powered by diesel represent the largest portion of the fleet of the metropolitan bus system, currently comprising nearly 99% of the total fleet. These buses are responsible for significant portion of toxic emissions - up to 6% of the total in the case of nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>). Diesel buses contribute to more than half of the particulate matter found in the bus lanes*

que o total da frota de ônibus municipais e intermunicipais da Região Metropolitana de São Paulo libere mais de 1,5 milhão de tonelada de dióxido de carbono por ano.

Embora as concentrações de alguns agentes poluentes tenham sido reduzidas com a utilização, a partir de 2008, de óleo diesel especial para as Regiões Metropolitanas (diesel com 500 ppm de enxofre - S500), as concentrações de

*and corridors. It is estimated that the total municipal and metropolitan bus fleet in the São Paulo Metropolitan Area releases more than 1.5 million tone of carbon dioxide per year.*

*Although the concentrations of some pollutants have been reduced with the use of special diesel since 2008 in Metropolitan Regions (diesel with 500*

partículas permaneceram relativamente elevadas ao longo dos últimos 20 anos. Esta situação levou a políticas governamentais para fortalecer os controles e a um compromisso com medidas propostas para reduzir as emissões dos ônibus, por meio do estabelecimento de padrões de emissão “baixas”, “muito baixas”, e “ultra-baixas” para ônibus urbanos, equivalentes respectivamente às emissões dos motores europeus Euro IV, Euro V e EEV.

*ppm sulfur - S500), the concentrations of particles remained relatively high over the past 20 years. This fact led government policies to strengthen the controls and to a commitment to reduce emissions from buses. Standards for issuing “low”, “very low” and “ultra low” for urban buses, respectively equivalent to the emissions of engines European Euro IV, Euro V and EEV were established.*

*There is already a schedule for release these restrictions in Brazil, through the Program for the Control of Air Pollution by Motor Vehicles (Proconve), starting with the introduction of Euro V emission standard in 2012. The emission standards established as “ultra low” can only be met by electric buses (trolley-bus), diesel engines bus with modern emission standard Euro V (mandatory from 2012) or EEV (still no estimation of production in Brazil) and electric fuel cell buses powered by hydrogen.*

*The Government of São Paulo State is committed to extending the use of clean and renewable energy resources to feed public transport in the São Paulo Metropolitan Area. As part of this, EMTU/SP operating system has a fleet of 78 electric vehicles in ABD Metropolitan Transport Corridor. Additionally, it is planned the extension of the electrified corridor and the transformation of the entire fleet (278 vehicles) in electrified system (trolley-bus), according to the Expansion Plan of the Government of the State, through the*

*Metropolitan Transport Secretariat, with investments of 20 billion “Reais” in the sector until 2010 (Subway, commuting trains and buses). The Plan also provides tripling the total extension of exclusive bus corridors, covering the three Metropolitan Regions of São Paulo.*



Cabe ponderar que a extensão em grande escala de redes de trólebus é inibida pelos pesados custos fixos das linhas aéreas e do sistema de fornecimento de energia. Embora os custos dessas possam ser economicamente justificados em rotas com elevada densidade de tráfego, basear-se nessas linhas aéreas limita de forma inerente a flexibilidade de operação dos corredores, sujeitando todo o sistema a episódios de paralisação em função de quedas de energia.

Obviamente, o custo para se obter os ônibus movidos à célula a combustível a hidrogênio – em um volume de produção que os tornem comercialmente competitivos no mercado com ônibus a diesel – é uma expectativa de futuro, que demanda ainda um período de maturação e gestação. Contudo, considerando esse horizonte e a conversão total da frota metropolitana regular de ônibus diesel (atualmente em 5.930 unidades) para funcionar com hidrogênio eletrolítico, emissões significativas de gases e poluentes seriam evitadas, conforme demonstra a tabela 2, a seguir:

Levando em conta os ganhos ambientais e de saúde no cálculo dos custos de incremento de um sistema todo baseado em transporte movido à célula a combustível a hidrogênio, pode-se afirmar que estes seriam em muito reduzidos. Além disso, a melhoria de eficiência, produtividade e qualidade nas áreas urbanas já produziria economias substanciais em emissões de gás de efeito estufa.

Em termos mercadológicos, somente a Região Metropolitana de São Paulo é capaz de absorver cerca de 500 ônibus de alta

tecnologia por ano, como parte de seu programa normal de renovação de frota nos próximos dez anos. Os ônibus a diesel são, atualmente, substituídos no sistema metropolitano em média a cada seis anos, com a introdução de novos e sofisticados ônibus a diesel e ônibus elétricos.

Assim, consideradas a atuação e planejamento da EMTU/SP, incluindo as ações planejadas no âmbito do Plano de Expansão do Governo do Estado de São Paulo, a empresa oferece num futuro próximo algumas das combinações mais favoráveis de

demanda e infraestrutura do mundo para permitir o lançamento em grande escala de uma frota de ônibus baseada no hidrogênio.

## 2. ASPECTOS SOCIAIS

A Região Metropolitana de São Paulo, maior conglomerado urbano do Brasil, é composta de 39 municípios e tem 19,8 milhões de habitantes. Essa população, em sua grande maioria, depende em muito do transporte público para seus deslocamentos diários. Em média, as viagens são distribuídas conforme descrito na tabela 3 seguinte:

*It is important to mention that the large scale extension of trolley-bus networks is inhibited by heavy fixed costs of airlines and the energy supply system. Although these costs can be economically justified on routes with high traffic density, those airlines limit the flexibility of operation of the corridors, making the system stop when there is loss of energy.*

*Obviously, the cost of fuel cell hydrogen powered buses - in a quantity which makes it commercially competitive in*

*the market compared to diesel buses - is a future expectation, demanding a further period of maturation. However, considering the horizon and the total conversion of the regular metropolitan bus fleet diesel (currently at 5,930 units) to work with electrolytic hydrogen, significant greenhouse gas emissions and pollutants would be avoided, as shown in Table 2, below:*

*Taking into account the environmental and health gains in the calculation of the costs of upgrading a complete transport to be based on hydrogen fuel cell buses, it can be stated that these costs would be much reduced. Moreover, the improvement of efficiency, productivity and quality in urban areas already would produce substantial savings in emissions of greenhouse gases.*

*In marketing terms, only the São Paulo Metropolitan Area is able to absorb about 500 high technology buses per year, as part of the normal program of fleet renewal in the next ten years. The metropolitan diesel buses are now replaced on average every six years, with the introduction of new and sophisticated diesel and electric buses.*

*Thus, considering EMTU/SP performance in planning, including the actions ongoing under the Expansion Plan of the Government of the State of São Paulo, the company offers in the near future some of the most favorable combinations of demand and infrastructure to enable the world large-scale launch of a fleet of buses based on hydrogen.*

## 2. SOCIAL ISSUES

*The São Paulo Metropolitan Area, Brazil's largest urban conglomerate, is composed of 39 municipalities and has 19.8 million inhabitants. This population, in most, depends on much of public transport for their daily travel needs. On average, the trips are distributed as described in Table 3 below:*

TABELA 2 • TABEL 2

### EMIÇÃO DE POLUENTES COM A SUBSTITUIÇÃO DA FROTA METROPOLITANA POR VEÍCULOS A HIDROGÊNIO POLLUTANTS EMISSIONS WITH METROPOLITAN FLEET REPLACEMENT WITH HYDROGEN VEHICLES

Frota Metropolitana do Estado de São Paulo / Metropolitan Fleet of the State of São Paulo	5.930 veículos
Quilometragem percorrida ao ano (em média) / Distance traveled per year (on average)	503.200.000 km
<b>EMIÇÕES ESTIMADAS</b> <b>ESTIMATED EMISSIONS</b>	<b>TONELADAS / TONS</b> <b>AVOIDED EMISSIONS (TONNES)</b>
Monóxido de Carbono (CO) / Carbon Monoxide (CO)	8.957,00
Óxidos de Nitrogênio (NO <sub>x</sub> ) / Nitrogen Oxides (NO <sub>x</sub> )	6.541,60
Óxidos de Enxofre (SO <sub>x</sub> ) / Sulfur Oxides (SO <sub>x</sub> )	216,40
Hidrocarbonetos não queimados (HC) / Unburned Hydrocarbons (HC)	1.459,30
Material Particulado (MP) / Particulate Matter (PM)	407,60
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) / Carbon Dioxide (CO <sub>2</sub> )	482.400,00

FONTE: Elaborado pelo autor, 2009. / Compiled by the author, 2009

TABELA 3 • TABEL 3

### COMPOSIÇÃO MÉDIA DAS VIAGENS DIÁRIAS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO — RMSP AVERAGE COMPOSITION OF MODE SHARE IN SÃO PAULO METROPOLITAN AREA — SPMA

TIPO / TYPE	%	Pessoa — viagens
Caminhada / Walking	29	5.785.500
Automóveis privados / Private cars	33	6.583.500
Ônibus urbanos e interurbanos / Urban and metropolitan buses	24	4.788.000
Trens suburbanos e Metro / Subway and commuting trains	13	2.593.500
Outros / Others	01	199.500
<b>TOTAL / TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>19.950.000</b>

FONTE: Elaborado pelo autor, 2009. / Compiled by the author, 2009



O grande número de viagens feitas de automóvel e a pé, superiores ao somatório dos transportes públicos, sugere a existência de um grande potencial para a expansão do transporte público, sobretudo de ônibus e por meio da integração eficiente com os diferentes modos de transporte municipais e intermunicipais.

Por outro lado, o uso intensivo de automóveis particulares indica a necessidade de melhorias de qualidade nos serviços de ônibus e de transportes públicos para atrair parte desse público, que estão associadas à rapidez, segurança, conforto e custos. Existem outras alternativas situadas no campo das proibições e da restrição de cir-

culação, como o rodízio de automóveis, de acordo com o final da placa de licença do veículo, adotado na cidade de São Paulo.

### 3. DEMANDA POR ENERGIA

O aproveitamento das fontes de energia possíveis, a eficiência da conversão da energia potencial presente e a renovabilidade dos recursos a serem utilizados devem ser uma preocupação primordial na gestão do transporte. Esse cuidado também é necessário com relação à tecnologia veicular, renovação da frota, capacitação de motoristas, gestão da qualidade, entre outras, nas quais as entidades responsáveis pela ges-

tão tanto se aplicam para oferecer aos seus usuários qualidade, conforto, segurança, rapidez, pontualidade e regularidade.

É seguro concluir que, especialmente nas regiões metropolitanas, não se consome mais do que 60% do potencial de energia existente nos combustíveis utilizados para transporte. O percentual considera o conteúdo energético dos combustíveis automotivos e a eficiência obtida no processo de combustão interna, bem como as deseconomias e perdas econômicas geradas por congestionamentos, sub-utilização nos períodos de vale de demandas por transportes de passageiros, estradas e ruas mal pavimentadas entre outras.



IMAGEM LANDSAT DA REGIÃO METROPOLITANA DA GRANDE SÃO PAULO — LOCAL DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO  
Fonte: [www.barreiros.arq.br/RMSP/metropolitana.htm](http://www.barreiros.arq.br/RMSP/metropolitana.htm) - 2009.

LANDSAT IMAGE FROM THE SÃO PAULO METROPOLITAN AREA — AREA OF PROJECT IMPLEMENTATION  
Source: [www.barreiros.arq.br/RMSP/metropolitana.htm](http://www.barreiros.arq.br/RMSP/metropolitana.htm) - 2009.

*The large number of trips made by car and by foot, higher than the sum of public transport, suggests that there is great potential for expansion of public transport, particularly by bus and through the efficient integration with the different modes of municipal and metropolitan transport.*

*Furthermore, the intensive use of cars indicates the need for improvements in the quality of bus services and public transport to attract part of this demand, considering travel speed, safety, comfort and cost. There are other alternatives within the scope of the prohibitions and restrictions of movement, as the rotation of cars,*

*according to the end of the license plate of the vehicle, an initiative adopted in São Paulo.*

### 3 . ENERGY DEMAND

*The use of available energy sources, the conversion efficiency and the renewability of resources to be used should be a primary concern in transport management. This care is also necessary with respect to vehicle technology, fleet renewal, drivers training, quality management, among others, in which the entities responsible for managing the system could offer better levels of quality,*

*comfort, safety, speed, punctuality and regularity.*

*It is possible to conclude safely that, especially in metropolitan areas, more than 60% of the potential energy existing in fuels used for transport is not consumed. The percentage considers the energy content of automotive fuels and efficiency obtained in the process of internal combustion, as well as the diseconomies and economic losses caused by congestion, sub-utilization of passenger transport system during valley-periods, poorly paved streets and roads, among others.*

É importante recordar que 2/3 da energia combustível é desperdiçada por meio da rejeição de calor, determinada pelas leis da termodinâmica. Isto quer dizer que nas regiões metropolitanas, por apresentarem maior quantidade de impedâncias aos deslocamentos, há um desperdício maior de energia do que a quantidade necessária para todas as demais aplicações.

Do ponto de vista de eficiência energética, os motores de combustão interna não são os mais eficientes, até porque a própria produção dos combustíveis automotivos nas refinarias, consome boa parte da energia contida no petróleo. Por sua vez, a energia elétrica utilizada nos sistemas de transportes é muito mais produtiva e sua utilização é mais eficaz em termos de aproveitamento energético. Todavia, também existem perdas significativas relacionadas à dispersão em transformadores e na rede, por calor e pela própria dificuldade de conservação desse tipo de energia. Isto porque quando disponível em grandes quantidades, não existe demanda no transporte e, quando as usinas trabalham no limite da capacidade de produção, existem demandas generalizadas que fazem com que o sistema trabalhe no limite de sua capacidade, exigindo constantes investimentos em sistemas geradores para suprir a crescente demanda.

No contexto energético, o uso de veículos movidos a célula a combustível a hidrogênio representa uma abordagem tecnológica fundamentalmente nova e revolucionária para a prestação de serviços de transporte. Trata-se de uma tecnologia que permite emissões de carbono muito baixas (no seu processo de produção) ou nulas e uma eficiência muito superior em conversão de energia quando comparada aos motores de combustão interna, que apresentam grande déficit em função do limite teórico imposto pela termodinâmica. Ademais, permite ganhos ambientais de alta magnitude, quando calculada na produção do hidrogênio a partir do uso de recursos renováveis para geração de energia, como no caso do Brasil com as usinas hidroelétricas.

*It is important to remember that 2/3 of the fuel energy is wasted through heat rejection, as determined by the laws of thermodynamics. This means that in metropolitan areas, which present higher amount of impedance to travel, there is a waste of energy greater than the amount needed for all other applications.*

*From the viewpoint of energy efficiency, internal combustion engines are not the most efficient, because the actual production of the automotive fuel in refineries consumes much of the energy contained in oil. In this sense, the electrical energy used in transport systems is much more productive and their use is more effective in terms of energy. However, there are significant losses related to dispersion in the network (distribution losses), heat and to the difficulty of conserving this type of energy. When energy is available in large quantities, there is not demand in the transport and when the plants are working at the limit of production capacity, there are widespread demands that make the system*

*work in the limit of its capacity, requiring constant investments in energy supply systems to fulfill the growing demand.*

*In the energy context, the use of hydrogen fuel cell cars represents definitely a new and revolutionary technology for the provision of transport services. This is a technology that results in very low carbon emissions (in the production process) or even zero, as well as much higher efficiency in energy conversion when compared to internal combustion engines, which have large deficit in terms of the theoretical limit imposed by thermodynamics. Moreover, it allows environmental gains of high magnitude when based on the production of hydrogen from the use of renewable resources for energy generation, such as Brazil with the hydropower plants.*



Crédito: Credit. Imagem adaptada da Internet - 2009





Crédito/Credit: Carlos Zundt - 2007.

A produção de hidrogênio a partir da eletrólise, quando comparada com outras possibilidades — como a reforma de gases ou uso da biomassa — evidencia a necessidade de que sejam despendidos maiores esforços e investimentos em pesquisas no sentido de tornar essa forma de produção economicamente mais eficiente. Porém, computados os ganhos ambientais e a baixa geração de resíduos ou subprodutos gerados, a tecnologia da eletrólise torna-se uma forma ambientalmente mais eficiente de produção. Este é um dos pontos decisivos para a definição dessa tecnologia de geração do hidrogênio para o funcionamento dos ônibus que incorporarão a frota da EMTU/SP.

Ciente dessas questões relacionadas à utilização de combustíveis fósseis no sistema de transportes de passageiros e preocupada com a qualidade ambiental resultante de sua atividade, a visão da EMTU/SP tem se focado na busca de alternativas tecnológicas para o setor. O objetivo é investir na obtenção de maior eficiência energética e no consumo consciente de combustíveis em sistemas que permitam redução de emissão de poluentes, além de garantir as tradicionais preocupações com a qualidade, o conforto, a segurança e mobilidade dos seus usuários.

*The production of hydrogen from electrolysis, when compared to other possibilities — such as reform of gases or use of biomass — highlights the need to spend more effort and investment in research to make this form of production economically more efficient. However, internalizing the environmental gains and the low waste or by-products generation, the technology of electrolysis becomes a more environmentally efficient production solution. This is one of the crucial points for the definition of the hydrogen generation technology, which is going to be used in the bus operation of EMTU/SP fleet.*

*Being aware about the issues related to the use of fossil fuels in the transport of passengers and concerned about environmental quality resulting from its activity, EMTU/SP's vision has focused on searching technological alternatives for the sector. The objective is to invest in solutions to obtain greater energy and fuel consumption efficiency, in systems prepared to reduce pollutants emissions, besides the traditional concerns about ensuring quality, comfort, safety and mobility of their users.*

#### 4. SUPRIMENTO DE COMBUSTÍVEL

O hidrogênio para abastecimento dos ônibus urbanos será obtido pelo processo de eletrólise e, depois de filtrado, será comprimido *in loco* para ser reservado na forma de gás em tanques de alta tecnologia. Essa forma foi considerada mais adequada para o Projeto em relação a outras possibilidades, tais como a reforma a bordo do combustível líquido, criogênico ou sua aquisição externa, uma vez que sua geração e operação podem ser centralizadas em pontos específicos (garagem) e a sua qualidade pode ser mais bem controlada.

A aquisição do hidrogênio de terceiros produzido externamente foi uma opção considerada, entretanto não foi levada adiante para se evitar os riscos e problemas de contaminação altamente danosos à durabilidade e desempenho das células a combustível. O aspecto determinante para

seu descarte, ao menos para este Projeto, foi o fato de que o hidrogênio disponível no mercado para aquisição é obtido por meio de processos de fabricação não renováveis, o que não é recomendável do ponto de vista ambiental. Todavia, no futuro poderá ser uma opção viável, desde que esses processos venham a considerar meios mais adequados ambientalmente. Uma alternativa é a produção de hidrogênio a partir da reforma de etanol/biomassa, mas a pesquisa necessita maior desenvolvimento.

#### 4. FUEL SUPPLY

*The hydrogen supply for the urban buses will be obtained by the process of electrolysis, and after filtering, it will be compressed on site to be reserved in the form of gas in high technology tanks. This form was considered more appropriated for the Project in relation to other possibilities, such as the on-board liquid fuel reforming, cryogenic or its external purchase, since its creation and operation can be centralized in specific points (garage) and its quality can be better controlled.*

*The purchase of the hydrogen produced externally by a third part was an option considered, but it was not carried out to avoid the risks and problems of contamination - highly harmful to the durability and performance of the fuel cells. The determinant key for not choosing this option, at least for this project, was the fact that hydrogen available for purchase in the market is obtained through non-renewable processes and sources of manufacturing, which is not advisable from an environmental standpoint. However, in the future it may be a viable option, if the production considers environmentally suitable processes. An alternative option is the production of hydrogen from the ethanol/biomass reforming, but it requires further research development.*



DETALHE DA UNIDADE DE PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO DE HIDROGÊNIO PARA O ÔNIBUS BRASILEIRO  
Fonte: Carlos Zundt - 2008.

DETAIL OF HYDROGEN PRODUCTION AND SUPPLY UNIT TO THE BRAZILIAN FUEL CELL BUS  
Source: Carlos Zundt - 2008.



Assim, a alternativa mais promissora foi a produção de hidrogênio a partir da eletrólise da água. Com uma unidade de produção de tamanho pequeno, funcionando cerca de 20 horas por dia, durante os períodos fora da hora de pico de demanda geral de energia elétrica, este processo mostrou-se o mais viável, considerada a questão do ponto de vista ambiental. Ademais, a energia hidroelétrica é uma forma de produção renovável e está ainda disponível de forma farta na matriz energética no Brasil. Segundo o Ministério de Minas e Energia, em 2008, mais de 3/4 da geração de energia elétrica corresponde a hidroelétricas. Por sua vez, a tecnologia de eletrólise é largamente conhecida e está comercialmente disponível, além de ser um processo de produção seguro, compacto e que assegura hidrogênio livre de contaminação.

## 5. DESAFIOS PARA A UTILIZAÇÃO EM LARGA ESCALA

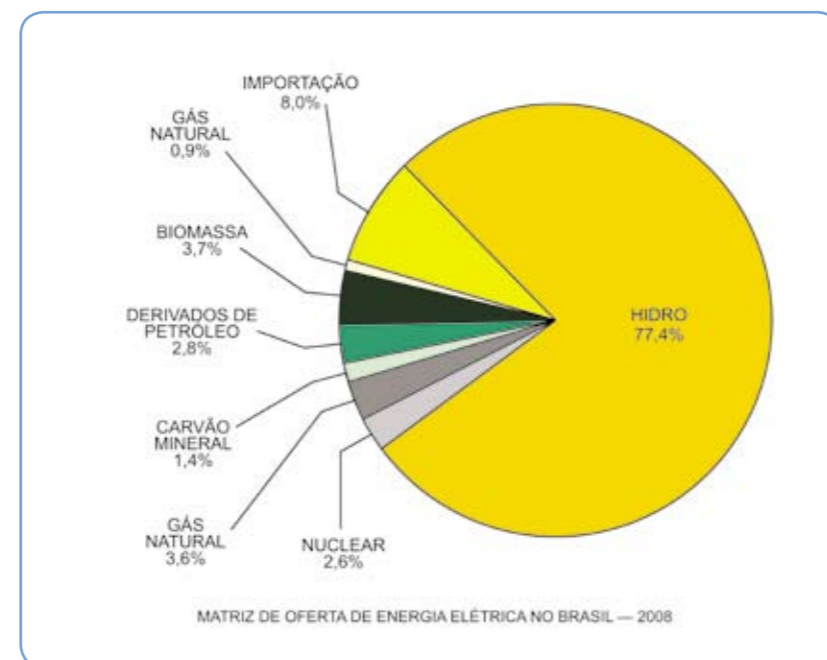
Do ponto de vista teórico e comercial, existem barreiras em nível mundial para o uso em larga escala de ônibus a célula a combustível a hidrogênio. Em geral, são fatores condicionados aos custos de produção tanto dos veículos quanto do próprio hidrogênio. O objetivo do Projeto do GEF em âmbito mundial é exatamente apurar e dimensionar essas dificuldades, indicando os caminhos para o uso da tecnologia nos sistemas de transportes de passageiros. Desde a assinatura do protocolo que possibilitou a instituição do "Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio", muito se evoluiu em tecnologia e redução de custos, tanto nos sistemas de células a combustível, quanto na produção do hidrogênio.

Nesse aspecto, a tecnologia desenvolvida para a construção do ônibus brasileiro tem muito a contribuir, tanto em inovação tecnológica — onde a criatividade foi grande e as novidades são muitas —, quanto nos fatores relacionados a custos finais do veículo, que em muito irão, se não possibilitar uma adoção competitiva com outros sistemas de propulsão de forma imediata, ao menos reduzir significativamente os custos de fabricação. Com a verificação do sucesso de construção do protótipo e na qualidade de ordenadores de despesas do projeto, hoje podemos afirmar que o custo de produção dos veículos já é o menor em termos mundiais.



MATRIZ DE OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL - 2008  
Fonte: Ministério de Minas Energia, 2008.

ENERGY MATRIX IN BRAZIL - 2008  
Source: Ministry of Mines and Energy, 2008.



Thus, the most promising alternative was the production of hydrogen from the electrolysis of water. With a small size production unit, operating approximately 20 hours per day outside the overall peak load electricity demand, this process showed as the most feasible, considered the environmental issues. Furthermore, the hydroelectric power is a renewable form of production and is still plenty available in the energy matrix in Brazil. According to the Ministry of Mines and Energy, in 2008, over 3/4 of the electric energy was produced in hydropower plants. In turn, the technology of electrolysis is widely known and is commercially available, besides representing a process of compact and safe production, providing hydrogen free of contamination.

## 5. CHALLENGES FOR LARGE SCALE USAGE

From a theoretical and commercial point of view, there are barriers in world level for fuel cell buses large scale usage. In general, they are factors associated to the cost of production of both vehicles and hydrogen itself. In a worldwide perspective, the objective of GEF Project is exactly size this difficulty, indicating the alternative paths to use this technology in passenger transport systems. Since the signature of the protocol that allowed the institution of "the Brazilian Fuel Cell Bus Project," the project progressed a lot in technology and cost reduction, both in the fuel cell systems and in the hydrogen production.

In this respect, the technology developed for the construction of the Brazilian Fuel Cell Bus has much to contribute, both in technological innovation — in which creativity was great and news are many —, as in factors related to final costs of the vehicle, which will allow immediately a competitive adoption related to other propulsion systems, at least reducing significantly the manufacture cost. Verified the success of prototype building and as the officer of project expenditure, presently we can say that the production cost of vehicles is the lowest in the world.

O sucesso em que se reveste o caso do ônibus brasileiro é, em grande parte, decorrência da criatividade do projeto, da engenharia inovadora, da capacidade construtiva das empresas e profissionais envolvidos e dos custos muito modestos quando comparados aos veículos fabricados no exterior. No entanto, questões importantes necessitam ser tratadas e incorporadas quando se pretende uma comparação de custos e tecnológica com os motores de combustão interna, como forma de possibilitar sua rápida incorporação ao sistema de transporte público. Vejamos:

- A diferença entre o custo atual dos ônibus convencionais a diesel no Brasil em relação a dos veículos movidos a tecnologia do hidrogênio são ainda consideráveis, pois não são incorporados nos custos secundários relativos a emissões, saúde e degradação ambiental e urbana, nem mesmo quanto à tecnologia defasada dos motores utilizados no Brasil relativo a emissões;

- Existe ainda um alto custo dos sistemas de propulsão a célula a combustível a hidrogênio — produzidos no exterior, que são desenhados para atendimento de especificações internacionais e ainda não contam com larga produção em série, quando comparados com os motores de combustão interna no Brasil — produzido em série e com tecnologia defasada em relação aos padrões internacionais;

The success involving the case of the Brazilian Project is, in large part, due to the creativity of the project, innovative engineering, constructive capacity of companies and professionals involved and the very low costs when compared to vehicles manufactured abroad. However, important questions need to be addressed and incorporated when it comes to a comparison with internal combustion engines in terms of costs and technology, as a way to enable their rapid incorporation into the public transport system. Let us consider:

- The difference between the current cost of conventional diesel buses in Brazil in relation to the fuel cell hydrogen vehicles is still considerable, as it is not embedded the secondary costs related to emissions, health, environmental and urban degradation, even considering the lagged technology of engines used in Brazil, in terms of emissions;

- There is a high cost of propulsion systems based on fuel cell hydrogen — those produced abroad, which are designed to attend international specifications and still do not rely on large production series when compared with internal combustion engines in Brazil — produced in series and with lagged technology when compared to international standards;