

## ONDE A HYDROGENICS SE ENCAIXA: ESTAÇÕES DE ABASTECIMENTO DE HIDROGÊNIO

O crescimento de frota de veículos e consumidores de hidrogênio cria uma demanda para estações de abastecimento nos Estados Unidos, Europa e Ásia. A Califórnia é o estado mais desenvolvido nos Estados Unidos em termos de energia de hidrogênio, refletido pela promessa do Governador Schwarzenegger de fazer 200 Estações de Abastecimento de Hidrogênio na Califórnia antes que ele se aposente. Vinte e cinco estações de hidrogênio estão atualmente em operação na Califórnia, servindo mais de 100 veículos à célula a combustível (FCVs) e ônibus urbanos, com mais dez estações já no estágio de planejamento. Em 2008 a Califórnia registrou 1.5 milhões de milhas com emissão zero para veículos à célula a combustível.

Geração de hidrogênio local através de eletrolisadores aumenta a eficiência, e minimiza custos de distribuição.

### VOCÊ SABIA?

A Califórnia tem mais veículos à célula a combustível (FCVs) e estações de abastecimento de hidrogênio do que em qualquer outro lugar do mundo

A Hydrogenics forneceu mais de 30 estações de hidrogênio para a América do Norte, Europa e Ásia. Na Califórnia, a Hydrogenics implementou e integrou estações de abastecimento de hidrogênio com geração de hidrogênio, armazenagem e dispenser para a primeira estação de abastecimento hidrogênio/gasolina no varejo da Shell Hydrogen do estado. Esta estação produz até 30kg/dia ou hidrogênio suficiente para abastecer de 5 a 7 veículos à célula a combustível por dia.



Estação de Abastecimento de Hidrogênio da Shell

Shell Hydrogen Fueling Station

FOTOS / PHOTOS ©2009 Hydrogenics Corporation

## WHERE HYDROGENICS FITS IN: Hydrogen Fueling Stations

*The increasing growth of hydrogen-powered consumer and fleet vehicles creates demand for fueling stations throughout the United States, Europe and Asia. California is the most developed state in the U.S.A. in terms of Hydrogen energy, reflected by Governor Schwarzenegger's promise of 200 Hydrogen fuelling stations in California before he retires. Twenty five hydrogen stations currently operate in California, serving more than 100 fuel cell vehicles (FCVs) and transit buses, with a further ten stations already in the planning stage. In 2008 California recorded 1.5 million zero emission miles for FCVs.*

*OnSite generation of hydrogen through electrolyzers increases efficiency, and minimizes distribution costs.*

### DID YOU KNOW?

*California has more fuel cell vehicles (FCVs) and hydrogen refuelling stations than any other part of the world*

*Hydrogenics has provided over 30 hydrogen fuelling stations in North America, Europe and Asia. In California, Hydrogenics implemented an integrated hydrogen fueling station providing hydrogen generation, storage and dispensing technology to Shell Hydrogen at the first retail hydrogen/gasoline station in the state. This station provides up to 30kg/day or enough hydrogen to refuel five to seven FCVs per day.*

## ONDE A HYDROGENICS SE ENCAIXA: Gás Industrial

O hidrogênio é usado extensivamente em aplicações industriais e aplicações de manufatura como sistemas de refrigeração de geradores, fabricação de vidro, produção de diamantes, e até mesmo sistema de refrigeração para reatores nucleares. O hidrogênio tem excelente condutividade térmica através do ar, portanto pode oferecer uma refrigeração mais eficiente. Devido ao fato de ser muito estável, o hidrogênio pode ser facilmente controlado. Diamantes artificiais, por exemplo, são produzidos de grafite sob uma pressão alimentada por uma mistura de 99% de hidrogênio e 1% de metano.

Em mercados emergentes, o hidrogênio como gás industrial atinge uma taxa de crescimento, a qual representa o dobro do crescimento do Produto Interno Bruto (PIB). O hidrogênio atualmente representa um papel muito mais amplo do que como portador de energia para atender a crescente demanda do mercado mundial para uma energia limpa, eficiente e renovável.

## WHERE HYDROGENICS FITS IN: Industrial Gas

*Hydrogen is used extensively in industrial and manufacturing applications such as generator cooling systems, glass manufacturing, diamond production, and even cooling of nuclear reactors. Hydrogen has a greater thermal conductivity through air so it can provide more efficient cooling. Because it is very stable, hydrogen can be easily controlled. Artificial diamonds, for example are produced from graphite under pressure fed by a mixture of 99% hydrogen and 1% methane. In emerging markets, hydrogen as an industrial gas realizes a growth rate of double the growth of the Gross Domestic Product (GDP). Hydrogen now has a much expanded role to play as an energy carrier to help meet the world's growing demand for clean, efficient, sustainable power.*

### DID YOU KNOW?

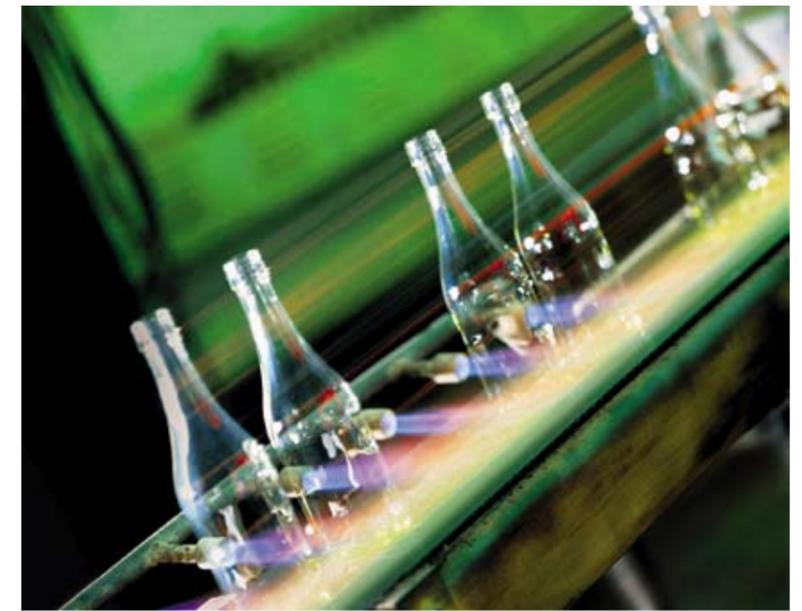
*Hydrogen is a gas used in real-world industrial applications such as cooling systems and glass manufacturing*

*Built on world-leading proprietary electrolyzer technologies, Hydrogenics' HySTAT™ Hydrogen Stations offer a dependable supply of onsite hydrogen to leading merchant gas companies and end users requiring high purity hydrogen for a variety of industrial applications. From a selection of versatile modular components, Hydrogenics delivers turnkey HySTAT Stations that precisely meet specific operational criteria for hydrogen generation, storage, and dispensing.*

### VOCÊ SABIA?

O hidrogênio é um gás usado no mundo real de aplicações industriais; assim como sistemas de refrigeração e fabricação de vidro

Construído com tecnologias líderes mundiais, o eletrolisador Hydrogenics' HySTAT™ para Estações de Abastecimento de Hidrogênio, oferece um fornecimento local de confiança para empresas comerciantes de gás e consumidores finais que exigem hidrogênio de alta pureza para uma variedade de aplicações industriais. De uma seleção de componentes modulares versáteis, a Hydrogenics entrega estações HySTAT prontas para funcionar, que atendem precisamente os critérios operacionais para geração de hidrogênio, armazenagem e dispenser.



Fabricação de Vidro

Glass Manufacturing

### ONDE A HYDROGENICS SE ENCAIXA: Potência para Empilhadeiras

Empilhadeiras de primeira classe são usadas extensivamente em fábricas, centros de distribuição e estoques, que atualmente usam empilhadeiras a bateria de chumbo ácido para atender os pré-requisitos de emissão zero. Baterias de chumbo ácido têm autonomia limitada, dura somente um turno na maioria das aplicações em estoques, e sofre com a degradação levando a baixa performance.

Célula a combustível hidrogênio oferece uma alta produtividade, fornece potência contínua e limpa, sem degradação de performance com apenas água e calor como sub-produtos.

#### VOCÊ SABIA?

Empilhadeiras de primeira classe são usadas extensivamente em fábricas, centros de distribuição e estoques para atender os pré-requisitos de emissão zero.

A Hydrogenics se concentrou em equipamentos de manuseio de materiais, incluindo empilhadeiras, como o primeiro mercado comercial para aplicações móveis de célula a combustível, como um produto substituto para os equipamentos movidos a baterias. Concebido para caber no compartimento existente das baterias, a Unidade de Potência da Hydrogenics' HyPX oferece energia elétrica contínua de alto custo-benefício em um ambiente de emissão zero.

### HYDROGENICS – Mudando a Energia, Energizando a Mudança

Movidos por nossa visão de um futuro completamente diferente, onde as novas tecnologias de energia contribuem para um meio-ambiente mais saudável e uma melhor qualidade de vida global, estamos motivados com as oportunidades que nossa tecnologia representa e ansiosos para alcançar seus extensos impactos. Para maiores informações sobre a Hydrogenics, convidamos você a visitar nosso website: [www.hydrogenics.com](http://www.hydrogenics.com).

*Empilhadeira movida à Célula a Combustível*

*Fuel Cell Powered Lift Truck*



©2018 Hydrogenics Corporation

### WHERE HYDROGENICS FITS IN: Lift Truck Power

Class 1 lift trucks are used extensively in manufacturing facilities, distribution centers and warehouses that currently rely on lead acid battery powered forklifts to meet zero emission requirements. Lead acid batteries have limited range, last only one shift in most warehouse applications, and suffer from battery degradation leading to poor performance.

Hydrogen fuel cells offer higher productivity, deliver clean continuous power without performance degradation and are environmentally clean, the only by-product being water and heat.

#### DID YOU KNOW?

Class 1 lift trucks are used extensively in manufacturing facilities, distribution centers and warehouses to meet zero emission requirements.

Hydrogenics has focused on material-handling equipment, including lift trucks, as a primary commercial mobility market for fuel cells as a leading-edge replacement product for lead-acid battery powered equipment. Designed to fit within a lift truck's existing standard battery pack compartment, Hydrogenics' HyPX Power Packs deliver cost effective continuous power in a zero emission environment.

### HYDROGENICS – Changing Power, powering Change

Driven by our vision of a dramatically different future, where new energy technologies contribute to a healthier environment and a better global quality of life, we are excited by the opportunities our technology represents and are eager to realize its far-reaching impact. For more information about Hydrogenics, we invite you to visit our website at [www.hydrogenics.com](http://www.hydrogenics.com).



## 2 - EMPRESAS MEMBROS DO CONSÓRCIO

### 2.2 - ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO – EQUIPE INFRAESTRUTURA

PETROBRAS DISTRIBUIDORA

É A INTEGRADORA E OPERADORA DA ESTAÇÃO DE ABASTECIMENTO DE HIDROGÊNIO, TRAZENDO A EXPERIÊNCIA DO CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO DA PETROBRAS (CENPES).

## 2 - COMPANIES MEMBERS OF THE CONSORTIUM

### 2.2 - BRAZILIAN FUEL CELL BUS - HYDROGEN INFRASTRUCTURE TEAM

PETROBRAS DISTRIBUIDORA

THE PRIME INTEGRATOR OF THE HYDROGEN FUELING STATION AND ALSO BROUGHT THE EXPERIENCE OF PETROBRAS' RESEARCH & DEVELOPMENT CENTER (CENPES).



## FORNECIMENTO DE HIDROGÊNIO PARA O PROJETO DO ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO – ASPECTOS TÉCNICOS SOB A VISÃO DE UMA EMPRESA DE ENERGIA

### *HYDROGEN SUPPLY FOR THE BRAZILIAN FUEL CELL BUS PROJECT – TECHNICAL ASPECTS UNDER THE VIEW OF AN ENERGY COMPANY*



#### A PETROBRAS

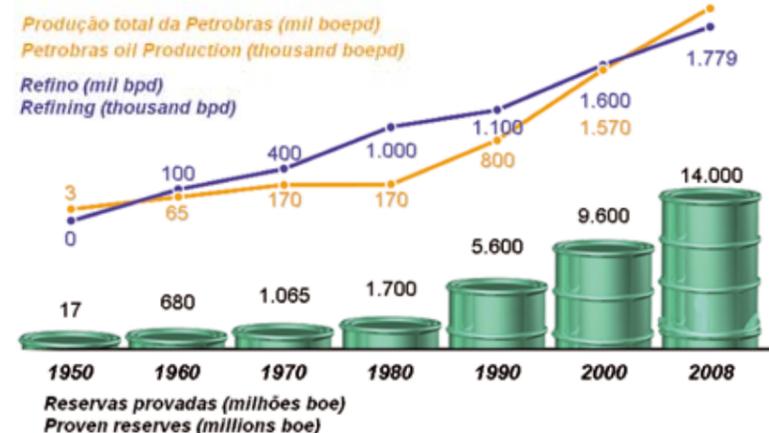
Presente no mercado desde 1953, a Petrobras atua na exploração, produção, refino, comercialização e transporte de petróleo e seus derivados no Brasil e no exterior. As operações de exploração e produção (E&P), bem como as demais atividades ligadas ao setor de petróleo, gás natural e derivados, excetuando-se a distribuição e comercialização dos derivados, foram monopólio conduzido pela Petrobras de 1954 a 1997. Durante esse período a Companhia tornou-se líder em comercialização de derivados no País e, graças ao seu desempenho, foi premiada em 1992 pela Offshore Technology Conference (OTC), o mais importante prêmio do setor, tendo conquistado novamente esta premiação em 2001.

#### PETROBRAS

*Petrobras has been involved in oil exploration, production and refining operation since 1953 and has a vast portfolio of products for different market segments, in Brazil and abroad.*

*The oil exploration and production operations, as well as the remaining activities related to the oil, natural gas, and derivative sector, except for*

*wholesale distribution and retail via service stations, were a monopoly Petrobras held from 1954 to 1997. During this period, Petrobras became the leader in derivative marketing in Brazil, and, thanks to the company's performance, it was awarded the Offshore Technology Conference (OTC) in 1992, the most important award in the sector, one which it was granted again in 2001.*



Em 1997, o Brasil, via Petrobras, ingressou no seleto grupo de 16 países que produzem mais de 1 milhão de barris de óleo por dia e a Petrobras conquistou a posição de maior produtora em águas profundas do mundo, com cerca de 65% da área de seus blocos exploratórios *offshore* a profundidades de mais de 400 metros, graças a investimentos tecnológicos. Em 2003, coincidindo com a comemoração dos seus 50 anos, a Petrobras dobrou a sua produção diária de óleo e gás natural ultrapassando a marca de 2 milhões de barris, no Brasil e no exterior.

*In 1997, Brazil, via Petrobras, entered the select group of 16 countries that produced more than a million barrels of oil per day. Petrobras achieved the position of world bigger deep water oil producer, with around 65% of the area of his explorations blocks offshore in 400 meters deep waters or more, thanks to technological investments. In 2003, coinciding with the commemoration of his 50 years, Petrobras doubled his daily production of oil and natural gas exceeding two million barrels per day, in Brazil and abroad.*

#### International Awards

##### Offshore Technology Conference

1992



2001



##### Refining Company

2004 e 2005



#### International Stevie Business Awards 2005 Best Latin American Company

Em 2007, a Petrobras foi classificada como a 7ª maior empresa de petróleo do mundo com ações negociadas em bolsas de valores, de acordo com a Petroleum Intelligence Weekly (PIW), publicação que divulga anualmente o ranking das 50 maiores e mais importantes empresas de petróleo. Atualmente, a Petrobras está presente em 27 países, com mais de 100 plataformas de produção, 16 refinarias, 30 mil quilômetros em dutos e mais de 6 mil postos de combustíveis.

A renovação da participação da Petrobras na composição do Índice Dow Jones Mundial de Sustentabilidade (DJSI) também foi destaque em 2007. O Dow Jones é considerado o mais importante índice mundial de sustentabilidade e é usado como parâmetro para análise dos investidores sócio e ambientalmente responsáveis.

*In 2007, Petrobras was rated the world's 7th biggest oil company with shares traded at stock exchanges, according to Petroleum Intelligence Weekly (PIW), a publication that divulges the ranking of the world's 50 biggest and most important oil companies. The company is currently present in 27 countries, with more than 100 production platforms, 16 refineries, 30,000 kilometers of pipelines and more than 6,000 fueling stations.*

*The renewal of Petrobras' participation in Dow Jones' Global Sustainability Index (DJSI) was also a highlight in 2007. The DJSI is considered the most important global sustainability index, and it is used as an analysis parameter by socially and environmentally responsible investors.*

Recentemente a Petrobras fez uma divulgação extraordinária: a descoberta do campo gigante de Tupi, localizado na Bacia de Santos. A partir desta descoberta a Petrobras mais uma vez precisará superar desafios únicos na indústria mundial do petróleo: produzir petróleo e gás natural em áreas localizadas abaixo da camada de sal. Esta nova fronteira pode aumentar as reservas do país em torno de 50%. Para conseguir este feito, a Petrobras vem concentrando seus esforços na geração e disseminação de tecnologias para produção nas áreas do pré-sal.

*Recently Petrobras has made a remarkable announcement: the discovery of the Tupi area, in Santos Basin. Petrobras is now facing a new challenge for the global oil industry: production oil and natural gas in areas located below the salt layer. The new frontier may increase the country's oil and gas reserves by 50%. To achieve this, Petrobras has focused its efforts on generating and disseminating technologies to develop production in the pre-salt area.*

## TECNOLOGIA PETROBRAS

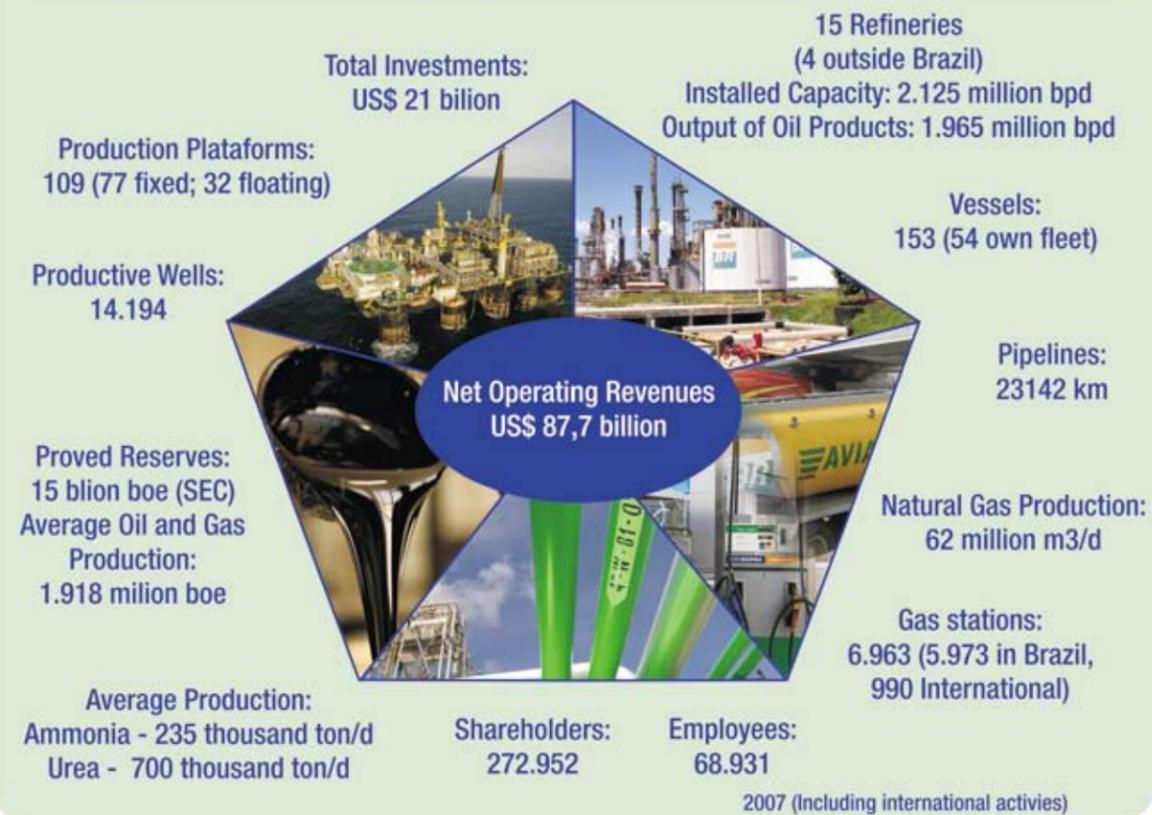
O Centro de Pesquisas & Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (Cenpes) é um centro de pesquisa e desenvolvimento cativo da Petrobras e está entre os maiores do mundo na pesquisa aplicada à indústria de energia. São desenvolvidas atividades de P&D voltadas para superar os desafios tecnológicos enfrentados pela Petrobras em todas as suas áreas de atuação.

## TECHNOLOGY

*The Research and Development Center Leopoldo Américo Miguez of Mello (Cenpes) is the Petrobras' research and development center and it is one of the world largest research center in the energy sector. The research activities are focused on those areas where Petrobras acts, seeking to overcome the company's technological challenges and other demands.*

156

### An Integrated Oil and Gas Company



157



*Vista parcial do centro de pesquisas da Petrobras (Cenpes)*

*Petrobras' R&D Center (Cenpes) partial view.*

No Cenpes também são realizadas as atividades de Engenharia Básica: projetos básicos e projetos conceituais para os empreendimentos estratégicos da Companhia. A proximidade e a sintonia entre as atividades de pesquisa e a engenharia básica contribuem para encurtar a distância entre as tecnologias em desenvolvimento e a aplicação prática destas inovações tecnológicas nos negócios da Petrobras.

*Cenpes is also in charge of the Petrobras' Basic Engineering. The proximity and the integration between applied researches and basic design activities contribute to shorten the distance between the technology development and its practical applications.*

*Another important Cenpes' activity is the leading of Petrobras technological system, which goes through the business areas and subsidiaries, along with Cenpes itself.*

É no Centro de Pesquisas que está a coordenação da gestão tecnológica da Companhia, que perpassa as áreas de negócios e subsidiárias, além do próprio Cenpes.

## ENERGIAS RENOVÁVEIS

No início de 2008, a Petrobras foi reconhecida através de pesquisa da Management & Excellence (M&E) como a petroleira mais sustentável do mundo. Em primeiro lugar no ranking, com a pontuação de 92,25%, a Companhia é considerada referência mundial em ética e sustentabilidade, considerando 387 indicadores internacionais, entre eles queda em emissão de poluentes e em vazamentos de óleo, menor consumo de energia e sistema transparente de atendimento a fornecedores.



Arquivo Petrobras / Arquivo Petrobras

Tartaruga, coral e peixes junto à perna da plataforma de Caioba na baía Sergipe-Alagoas

Turtle, coral and fish near Caioba platform leg in Sergipe-Alagoas Basin

Para aumentar sua atuação em energias que contribuam para o desenvolvimento sustentável, a Petrobras deixou de atuar exclusivamente com petróleo, para tornar-se uma empresa integrada de energia no sentido mais amplo. Um dos segmentos em que sua atuação tem crescido é o de fontes de energia renováveis. Ao investir em energia eólica, solar, biocombustíveis, entre outras, a Companhia ajuda a diversificar a matriz energética brasileira.

Visite o site [www.petrobras.com.br](http://www.petrobras.com.br) e conheça um pouco mais sobre a Petrobras.

## RENEWABLE ENERGIES

*In early 2008, Petrobras was acknowledged by a Management & Excellence (M&E) survey as the world's most sustainable oil company. Ranked first, scoring 92.25%, the company is the global reference in ethics and sustainability based on 387 international indicators, among which lower pollutant emissions and oil leaks, less power consumption, and a transparent vendor service system.*

*Petrobras has moved towards being an integrated energy company rather than an oil company only. In this context, it has increased its investments in renewable energy resources: wind and solar energy, biofuels, among others.*

*Visit the site [www.petrobras.com](http://www.petrobras.com) and get to know a little bit more about Petrobras.*

## A PETROBRAS DISTRIBUIDORA

Subsidiária integral da Petrobras, a Petrobras Distribuidora (BR) foi criada em 1971 e já no ano seguinte assumia a liderança do mercado nacional de distribuição de derivados de petróleo. Única entre as grandes distribuidoras a estar presente em todo o território brasileiro, a BR mantém essa posição até hoje. São aproximadamente oito mil postos Brasil afora, mantendo permanentemente a marca Petrobras nos corações e mentes dos brasileiros.

## PETROBRAS DISTRIBUIDORA

*Petrobras Distribuidora (BR) is a subsidiary company of the Petrobras System. It was created in 1971, and in the following year it became the leader in the national market of oil products. It is the only fuel distribution company present all across Brazil. BR has approximately 8,000 fueling stations throughout the country, keeping the Petrobras brand in the hearts and minds of the Brazilian people.*

BR: Única distribuidora presente em todo o território nacional.

*BR: The only fuel distribution company present all across Brazil.*



Arquivo Petrobras / Arquivo Petrobras



Marcelo Antonio Heikal Leite

Aerogerador do Parque Eólico da Petrobras em Macau-RN

Wind turbine from Petrobras' wind farm in Macau-RN

Com uma variada gama de produtos e serviços de altíssima qualidade, a Petrobras Distribuidora alia aprimoramento tecnológico a valores institucionais, que a configuram como um exemplo de empresa brasileira responsável ambiental e socialmente, que contribui cada vez mais para o desenvolvimento do Brasil. E a bandeira BR é o símbolo deste trabalho, ajudando a Companhia a atrair a cada dia novos clientes e também a manter parceiros de longa data, que contam com um forte diferencial frente às outras distribuidoras.

O compromisso permanente com resultados e a excelência de sua força de trabalho permitiram à Companhia conquistar, ao longo dos últimos anos, uma série de prêmios e certificados de qualidade. Com esse reconhecimento, a BR alcançou o respeito do mercado e a confiança dos consumidores, que fizeram da Petrobras, inúmeras vezes, a marca mais lembrada nos indicadores de pesquisa "Top of Mind".

*BR has a wide range of products and services of top quality, combining its technological development and institutional values, which make it a corporate model of social and environmental responsibility, contributing to the development of Brazil. The BR flag is the symbol of this work, helping the company to attract new clients every day and keep long-term partners. This makes a strong difference comparing with other fuel distribution companies.*

*Our permanent commitment to results and the excellence of our workforce allowed the company to achieve a number of quality certificates and awards in the past few years. From that acknowledgment, BR has achieved respect from the market and trust from its consumers. This has made Petrobras the best remembered brand in the "Top of Mind" survey, for several times.*



Fotos: Arquivo Petrobras / Photos: Arquivo Petrobras

*Linha de produção do Lubrax: Produtos com alta tecnologia, marca registrada da Petrobras.*

*Lubrax production line: High technology products, a Petrobras trade mark.*

Além disso, a Petrobras Distribuidora pauta todas as suas ações pela ética e transparência com a sociedade em geral e também com sua força de trabalho, parceiros, clientes, fornecedores e consumidores. A BR apóia projetos culturais, esportivos e de responsabilidade social, cumprindo assim seu papel de empresa-cidadã.

O produto está disponível em todo o Brasil e representa um grande passo na busca de um futuro menos dependente do diesel de origem fóssil. Na mesma linha, o Gás Natural Veicular (GNV), cuja implantação no mercado nacional foi uma iniciativa pioneira da Petrobras Distribuidora, é um combustível limpo, econômico e seguro.

*role as a good corporate citizen. Today, BR gas stations are truly service stations, which aim for excellence in customer service.*

*Excellence is also present in the fuels offered by Petrobras. For instance, Podium gasoline, developed with state-of-the-art technology, is available in major Brazilian cities since 2002. Petrobras Biodiesel, a renewable fuel produced out of vegetable oils, is now a reality. The product is already available all across Brazil and represents a great step towards a future less dependent on fossil diesel fuel. In addition to these products, compressed natural gas (CNG), launched in the national market by a pioneering initiative of Petrobras Distribuidora, is a clean, safe, economic and non-polluting fuel.*

*Moreover, ethics and transparency are the guidelines for all relations between Petrobras Distribuidora and the society, its workforce, partners, clients, suppliers and consumers. The company supports enterprises in the fields of culture, sports and social responsibility, thus playing its*

Os Postos Petrobras são, atualmente, verdadeiras estações de serviços, que têm como prioridade a excelência no atendimento. A excelência também está presente nos combustíveis oferecidos pela Petrobras, como por exemplo a gasolina Podium, desenvolvida com tecnologia de ponta e disponível nas principais cidades brasileiras desde 2002. O Biodiesel Petrobras, combustível renovável produzido a partir de óleos vegetais, também já é uma realidade.

*Biodiesel Petrobras: Combustível mais limpo já é comercializado em todo o Brasil.*

*Petrobras's biodiesel: A cleaner fuel already distributed all over Brazil.*



*Postos de abastecimento: A face mais visível da Companhia.*

*Refueling stations: the company's visible face.*

Por tudo isso, e também pela força de sua liderança e de seu nome, a Petrobras Distribuidora é a preferida dos consumidores brasileiros. Há mais de três décadas os postos Petrobras ajudam a integrar o país, cumprindo papel fundamental para o desenvolvimento do Brasil.

Os postos são a face mais visível da Petrobras Distribuidora. Mas a BR também possui uma carteira com 10 mil grandes clientes entre indústrias, termoeletricas, companhias de aviação e frotas de veículos leves e pesados.

*For all these reasons, and due to the strength of its name and leadership, Petrobras Distribuidora is the Brazilian consumer's favorite. Petrobras stations have been helping to bind the country together for over three decades, thus playing a crucial role for Brazil's development.*

*Service stations are BR's most visible face. The company, however, has also a portfolio of more than 10,000 important great clients, among industries, thermoelectric power plants, airlines and fleets of light and heavy vehicles.*

## PETROBRAS DISTRIBUIDORA E O PROJETO “ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO”

O convite para participar do projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio representou um desafio singular para a Petrobras Distribuidora (BR) em suas quase quatro décadas de existência, marcadas pela liderança de mercado, pioneirismo no uso de novas tecnologias, expertise de sua força de trabalho e respeito às normas de segurança e ao meio ambiente.

Por tudo isso, a BR foi a empresa escolhida como a responsável pela integração entre dois importantes parceiros no projeto - AES Eletropaulo e Hydrogenics - na preparação do projeto da estação, obtenção das licenças para instalação e operação, construção, operação e manutenção da estação de abastecimento do ônibus à célula a combustível a hidrogênio.

Com sua larga experiência na instalação de diversas estações de abastecimento de Gás Natural Veicular (GNV) nos últimos

anos, a Companhia cercou-se de fornecedores competentes e contou ainda com o importante auxílio do Cenpes (Centro de Pesquisas da Petrobras) na preparação de estudos relacionados à análise de riscos e segurança operacional (Hazop – “hazard and operability”) e outros assuntos relacionados às tecnologias do hidrogênio.

No entanto, apenas tais cuidados não seriam suficientes para a obtenção das licenças de instalação e operação da estação junto aos órgãos competentes, como Cetesb (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo), prefeitura de São Bernardo do Campo e Corpo de Bombeiros. Pelo fato de não haver instalações similares no Brasil, os receios e as exigências que poderiam advir para a emissão das licenças certamente superariam projetos semelhantes realizados mundo a fora.

Para superar tais desconfianças, a BR se antecipou e adotou uma estratégia cuidadosa, que se revelaria bastante acertada no decorrer do processo de

obtenção das licenças. Primeiramente, a Companhia promoveu um seminário técnico com a participação dos representantes destes órgãos e também dos demais integrantes do consórcio, que serviu para exposição do projeto e levantamento de demandas relativas à concessão das licenças.

O passo seguinte foi a organização de uma comitiva formada por integrantes dos órgãos licenciadores, da própria BR e de outros parceiros do consórcio para visitar no exterior estações de abastecimento de hidrogênio que possuísem alguma semelhança com a que seria instalada no Brasil. Foram escolhidas duas instalações, localizadas em Amsterdam (Holanda) e Hamburgo (Alemanha), além da Fábrica de Sistemas para Células a Combustível da NucellSys, em Stuttgart, também na Alemanha. As visitas cumpriram plenamente seu objetivo de permitir um melhor entendimento de todos os sistemas necessários ao funcionamento de uma estação de abastecimento de hidrogênio, bem como suas características operacionais.

## PETROBRAS DISTRIBUIDORA AND THE “BRAZILIAN FUEL CELL BUS” PROJECT

The invitation to join the Brazilian Fuel Cell Bus project came as a singular challenge to Petrobras Distribuidora (BR) in nearly four decades of existence marked by market leadership, technology pioneering, workforce expertise and respect to the environment and safety standards.

Those are the reasons why BR was the company to be in charge for integrating two important partners in the project – AES Eletropaulo e Hydrogenics – for the tasks of obtaining due licenses for setup, building, operation and maintenance of the hydrogen fuel cell bus refueling station.

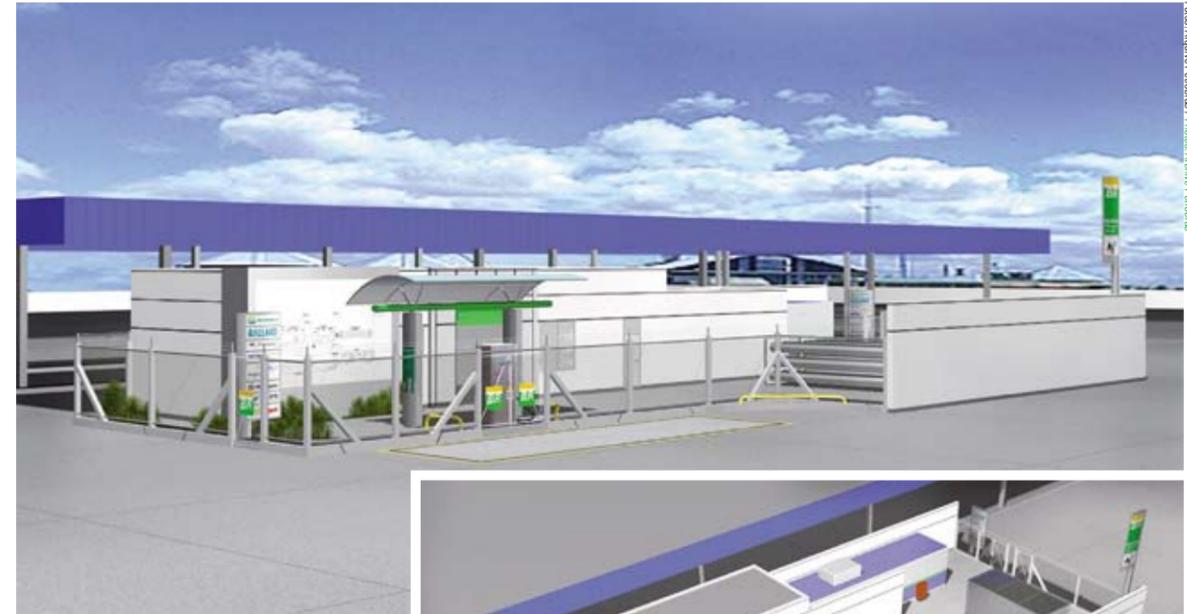
With its wide experience of building a number of CNG (Compressed Natural Gas) fueling stations in the recent years,

the company has been surrounded by competent suppliers. BR also counted with the prime help of Cenpes (Petrobras Research Center) in preparing hazard and operability studies (Hazop), and other issues related to hydrogen technologies.

However, such cautions alone would not be enough for obtaining the station's installation and operation licenses from responsible agencies such as Cetesb (Clean Environment Technology Company of the state of São Paulo), São Bernardo do Campo's city hall and the fire department. Since there are not so far such facilities in Brazil, fears and demands that could arise for license emission would certainly be higher than for similar projects carried out elsewhere.

So as to overcome such cautions, BR looked beyond and adopted a strategy which would prove itself quite on-the-spot along the license obtaining process. Firstly, the company promoted a technical seminar with the integrants of these organs and of other pool companies, in order to present the project and its permit demands.

The next step was to line up a group formed by integrants of the licensing organs, BR itself and other pool partners, in order to visit hydrogen-fueling stations abroad similar to the one in Brazil. Two facilities were chosen, in Netherlands (Amsterdam) and Germany (Hamburg) and also the NuCellSys Fuel Cell System Plant (Stuttgart). The visits fully accomplished their purpose of allowing better understanding of all systems necessary to the functioning of a hydrogen fuel station, as well as their operational features.



Maquete eletrônica da estação de abastecimento de hidrogênio da BR na EMTU/SP

BR refueling hydrogen station at EMTU/SP electronic model



Além disso, a viagem ajudou a desmistificar este tipo de construção e também conferiu maior conhecimento aos técnicos que futuramente fariam a análise dos documentos necessária à emissão das licenças de instalação e operação. Para a BR, por sua vez, o ganho foi um projeto mais detalhado da estação brasileira.

Com isso, foram preparados documentos com informações mais que suficientes para os órgãos licenciadores e que facilitaram sobremaneira a concessão das licenças.

O resultado agora pode ser conferido: uma estação que poderá gerar até 120 kg de hidrogênio por dia a uma pressão de 430 bar, consumindo cerca de 65kWh/kg de hidrogênio produzido e capaz de abastecer até três ônibus com autonomia para cerca de 300 km. Inicialmente armazenará hidrogênio suficiente para apenas um ônibus. Posteriormente, com a entrada em operação de mais veículos, esta capacidade será estendida até o máximo.

Vale ressaltar que o projeto da estação respeitou as características da matriz energética brasileira, que conta com uma altíssima porcentagem de geração a partir de usinas hidroelétricas. Por isso, foi feita a opção de gerar hidrogênio a partir da eletrólise da água.

Besides, the trip helped coming to grips with this type of facility and provided further knowledge to the technical staff which would later analyze the documents necessary to provide setup and operation licenses. In its turn, BR gained a further detailed project of the Brazilian station.

Thus, documents were prepared with enough information for the licensing organs, which made license concession hugely easier.

And here's the result: a station able to generate up to 120 kg (over 260 lb) of hydrogen per day at a pressure of 430 bar, able to fuel up to three buses to run about 300 km (200 miles). In the first stage, it will store enough hydrogen for a single bus. Later on, with more vehicles beginning to operate, this capacity will be extended up to its maximum.

It should be stressed that the station Project has taken into account Brazil's energy resources, in which hydroelectricity play a major role. Thus, water electrolysis from the grid has been chosen as the more suitable option for generating hydrogen.

Líder de mercado e única entre as grandes distribuidoras de derivados de petróleo presente em todo o território nacional, a Petrobras Distribuidora vem participando cada vez mais ativamente de iniciativas que visam à disseminação de combustíveis mais limpos, como o biodiesel, que já é uma realidade no país. Com isso, a Companhia cumpre seu papel de gerar benefícios comerciais, sociais e ambientais para o Brasil.

Neste sentido, a participação da BR no projeto reveste-se de um significado maior, pois o hidrogênio pode vir a ser o combustível do futuro, gerando novas oportunidades de negócio e modificando toda uma cadeia socioeconômica montada a partir da extração do petróleo.

Para uma empresa de energia como a Petrobras Distribuidora, ter participado do que pode vir a ser o embrião de admiráveis mudanças na distribuição e comercialização de combustíveis é, sem dúvida, motivo de orgulho ímpar. Quem sabe em um futuro não muito distante não teremos vários postos a hidrogênio com a bandeira Petrobras em todo o país?

*Market-leading Petrobras Distribuidora is the major oil distribution company present in the entire Brazilian territory. The company has been increasingly taking active part of enterprises aiming to spread out cleaner fuels such as biodiesel, already a reality in the country. In this way the company plays its role of generating commercial, social and environmental benefits for Brazil.*

*BR's role in the project is thus covered by a greater meaning, since hydrogen might become the fuel of the future, generating new business opportunities and changing a whole social and economical chain set up from oil drilling.*

*For an energy company such as Petrobras Distribuidora, having taken part in what might be the spark of amazing changes in fuel distribution and trade is, without a doubt, a singular reason for pride. Who knows, in a future not so distant, we might have several Petrobras-flagged hydrogen stations across the country?*



Ecoposto: Petrobras Distribuidora na vanguarda de novas tecnologias.

"Eco" gas station: BR at the technology forefront.

Fotos: Arquivo Petrobras / Photos: Arquivo Petrobras



## 2 - EMPRESAS MEMBROS DO CONSÓRCIO

### 2.3 - LIDERANÇA DO CONSÓRCIO E GERENCIAMENTO DO PROJETO – GRUPO COORDENAÇÃO

EPRI INTERNATIONAL

GERENCIA O PROJETO E LIDERA O CONSÓRCIO, TRAZENDO EXPERIÊNCIA ADQUIRIDA EM PROJETOS SIMILARES, COORDENA OS TESTES DE DURABILIDADE E AVALIAÇÃO, E REALIZOU SIMULAÇÕES QUE DETERMINARAM UM CONCEITO HÍBRIDO OPTIMIZADO PARA O ÔNIBUS.

### 2 - COMPANIES MEMBERS OF THE CONSORTIUM

#### 2.3 - CONSORTIUM LEADERSHIP AND PROJECT MANAGEMENT – COORDINATION TEAM

EPRI INTERNATIONAL

THE PROJECT MANAGER AND LEADER OF THE CONSORTIUM, SHARING LESSONS LEARNED, COORDINATING ACCEPTANCE TESTS AND THE EVALUATION OF FINAL PRODUCTS, AND PERFORMING SIMULATIONS TO DETERMINE AN OPTIMUM HYBRID CONCEPT FOR THE BUS.

EPRI

## O EPRI INTERNATIONAL E O PROJETO ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO

### EPRI INTERNATIONAL AND THE BRAZILIAN FUEL CELL BUS PROJECT

#### EPRI

O EPRI International Inc., é o Gerente de Projeto e Líder do Consórcio, facilitando e coordenando o trabalho. O EPRI International está sediado nos Estados Unidos e é uma subsidiária com fins lucrativos do EPRI (Electric Power Research Institute, Inc.). Como líder do consórcio gerenciando o projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio, o EPRI International conta com o apoio de sua empresa co-ligada EPRI e outros sub-contratados, reunindo uma ampla experiência na implementação e gerencia-

mento de grandes projetos cooperativos de pesquisa, desenvolvimento e demonstração tecnológica. O EPRI International também traz para o projeto as lições aprendidas, experiência e conhecimento com outros projetos em colaboração internacional, e competência para a realização de testes de durabilidade e aceitação, que permitirá uma avaliação independente do produto final. O EPRI também realizou simulações para determinar um conceito híbrido mais favorável combinando armazenamento de energia e o sistema de célula a combustível, de acordo com o ciclo de transporte no corredor da EMTU.

*EPRI International, Inc. is the project manager and leader of the consortium, facilitating and coordinating its work. EPRI International is a wholly owned, U.S.-based, for-profit subsidiary of the Electric Power Research Institute, Inc. (EPRI). As the leader of the consortium managing the fuel cell bus project, EPRI International has relied on the support of its parent company, EPRI, and other subcontractors, bringing together broad experience in establishing and managing large, collaborative technological research, development and demonstration programs. EPRI International also is bringing to the project lessons learned and experience with other collaborative international projects, and the duration and acceptance testing capability that will enable an independent evaluation of the final product. EPRI performed simulations to determine an optimum hybrid concept combining energy storage and fuel cell system, according to the EMTU's corridor drive cycle.*

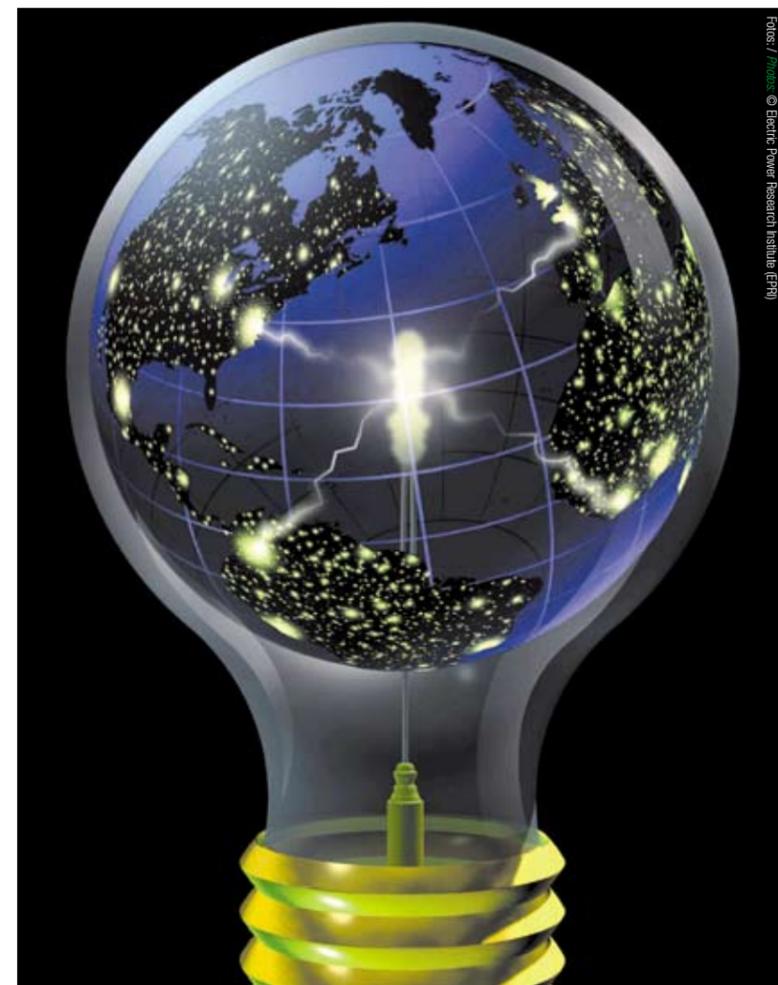


Foto: / Photos © Electric Power Research Institute (EPRI)

#### SOBRE O EPRI

O EPRI realiza pesquisa e desenvolvimento relativos à geração, fornecimento e uso de eletricidade para benefício público. Sendo uma organização independente e sem fins lucrativos, o EPRI reúne seus cientistas e engenheiros, assim como especialistas nos meios acadêmicos e na indústria para auxiliar na abordagem dos desafios da eletricidade, inclusive confiabilidade, eficiência, saúde, segurança e meio ambiente. O EPRI também fornece tecnologia, análises políticas e econômicas para guiar o planejamento de pesquisas de longo alcance e desenvolvimento, e apoia pesquisas com tecnologias emergentes.

Os membros do EPRI representam mais de 90 por cento da eletricidade gerada e fornecida nos Estados Unidos, e a participação internacional se estende a 40 países. Os programas de pesquisa e desenvolvimento do EPRI e projetos de demonstração são financiados por mais de 1.000 organizações de energia. Os membros do EPRI incluem serviços de utilidade pública controlados por investidores, serviços de utilidade governamentais, produtoras independentes de energia e cooperativas elétricas. Os escritórios principais e laboratórios do EPRI

estão localizados nos Estados Unidos da América, em Palo Alto, Califórnia; Charlotte, na Carolina do Norte; Knoxville, no Tennessee; e em Lenox, Massachusetts.

Através de seu crescente quadro de associados, o EPRI tem colaborado com projetos de pesquisa e desenvolvimento na Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, Peru, México e Venezuela.

#### ABOUT EPRI

*EPRI conducts research and development relating to the generation, delivery and use of electricity for the benefit of the public. An independent, nonprofit organization, EPRI brings together its scientists and engineers as well as experts from academia and industry to help address challenges in electricity, including reliability, efficiency, health, safety and the environment. EPRI also provides technology, policy and economic analyses to drive long-range research and development planning, and supports research in emerging technologies.*

*EPRI's members represent more than 90 percent of the electricity generated and delivered in the United States, and international participation extends to 40 countries. EPRI's research and development programs and demonstration projects are funded by more than 1,000 energy*

*organizations. EPRI members include investor owned utilities, government utilities, independent power producers, and electric cooperatives. EPRI's principal offices and laboratories are located in the United States, in Palo Alto, California; Charlotte, North Carolina; Knoxville, Tennessee; and Lenox, Massachusetts.*

*Through its growing membership EPRI has been able to collaborate on research and development in Argentina, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, Peru, Mexico and Venezuela. Some of the largest energy companies in Latin America are members of EPRI, including: Comisión Federal de Electricidad – CFE, in Mexico; Eletrobras Termonuclear S.A. – ELETRONUCLEAR and Petróleo Brasileiro S.A. – PETROBRAS, in Brazil, and, Elctricificación del Caroni – EDELCA, in Venezuela.*



## ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO

Como a líder do consórcio, o EPRI International conta com o apoio da Sra. Monica Saraiva Panik e de sua empresa co-ligada EPRI e outros sub-contratados, como o Prof. Dr. Ferdinand Panik.

## BRAZILIAN FUEL CELL BUS PROJECT

*As the leader of the consortium EPRI International has relied on the support and collaboration of Ms. Monica Saraiva Panik, its parent company, EPRI, and other subcontractors, including Prof. Dr. Ferdinand Panik.*



Fotos: Carlos Zündt e Arquivo TuttoSport / Photos: Carlos Zündt and Archive TuttoSport



22 de Julho de 2008 – Cumprimento da Milestone: “Protótipo Completo com Motor Híbrido Hidrogênio” na Tutto em Caxias do Sul. Membros da equipe nesta foto (da esquerda para a direita): Manuel Specker (sub-contratado pelo EPRI - testes e suporte à integração), Carlos Zündt (Gerente de Projeto EMTU), Luso Ventura (Diretor Netz), José Luiz Albertin (ex-gerente de projeto Netz), Marcos Correia (Engenheiro EMTU), Bob Graham (ex-gerente de projeto EPRI), Prof. Dr. Ferdinand Panik (sub-contratado pelo EPRI – Gerente Técnico do Projeto pelo Consórcio), Silvano Pozzi (Gerente de Projeto Ballard), Guido Bunzel (Gerente de Projeto Nucellsys), José Luiz Goes (Gerente de Projeto Marcopolo), Swen Ruppert (Gerente de Projeto Siemens), Wellington Anacleto (Engenheiro Tutto), Lázaro Azêdo (Engenheiro Netz), Sidney Gonçalves (Gerente de Projeto Tutto), Emilio Batista (Engenheiro Tutto), Monica Saraiva Panik (sub-contratada pelo EPRI – Gerente de Projeto pelo Consórcio), Rainer Bauer (Engenheiro Nucellsys).

July 22nd, 2008 – Milestone Accomplishment: “Completion of Prototype on Hybrid Hydrogen Power” at Tutto’s facilities in Caxias do Sul. Team members in this picture (from the left to the right): Manuel Specker (EPRI’s contractor - tests and bus integration support), Carlos Zündt (EMTU Project Manager), Luso Ventura (Netz Director), José Luiz Albertin (former Netz Project Manager), Marcos Correia (EMTU Engineer), Bob Graham (former EPRI’s Project Manager), Prof. Dr. Ferdinand Panik (EPRI’s contractor – Consortium Technical Project Manager), Silvano Pozzi (Ballard’s Project Manager), Guido Bunzel (Nucellsys Project Manager), José Luiz Goes (Marcopolo Project Manager), Swen Ruppert (Siemens Project Manager), Wellington Anacleto (Tutto Engineer), Lázaro Azêdo (Netz Engineer), Sidney Gonçalves (Tutto Project Manager), Emilio Batista (Tutto Engineer), Monica Saraiva Panik (EPRI’s contractor – Consortium Project Manager), Rainer Bauer (Nucellsys Engineer).

24 de julho de 2008 - Cumprimento da Milestone: “Protótipo Completo com Motor Híbrido Hidrogênio” na Tutto em Caxias do Sul. Membros da equipe nesta foto (da esquerda para a direita): Agenor Boff (Presidente Tutto), Silvano Pozzi (Gerente de Projeto Ballard), Salim Pirani (Gerente de Projeto Hydrogenics), Paulo Isabel (Engenheiro Petrobras Cenpes), Fúlvio Andrade (ex- Gerente de Projeto AES Eletropaulo), Prof. Dr. Ferdinand Panik (sub-contratado EPRI – Gerente Técnico do Projeto pelo Consórcio), Monica Saraiva Panik (sub-contratada EPRI – Gerente de Projeto pelo Consórcio), Guido Bunzel (Gerente de Projeto Nucellsys), Manuel Specker (sub-contratado EPRI - Testes e suporte para integração do ônibus), Sidney Gonçalves (Gerente de Projeto Tutto), José Ignácio S. de Almeida (ex-presidente EMTU), Joyce Ozório (Representante EPRI Brasil), Bob Graham (ex- Gerente de Projeto EPRI), Alexandre Correia (Gerente de Projeto BR Distribuidora), Carlos Zündt (Gerente de Projeto EMTU), Maria Helena Frank (Engenheira Petrobras Cenpes).

July 24th, 2008 – Milestone Accomplishment: “Completion of Prototype on Hybrid Hydrogen Power” at Tutto’s facilities in Caxias do Sul. Team members in this picture (from the left to the right): Agenor Boff (Tutto’s president), Silvano Pozzi (Ballard’s Project Manager), Salim Pirani (Hydrogenics Project Manager), Paulo Isabel (Petrobras Cenpes Engineer), Fúlvio Andrade (former AES Eletropaulo Project Manager), Prof. Dr. Ferdinand Panik (EPRI’s contractor – Consortium Technical Project Manager), Monica Saraiva Panik (EPRI’s contractor – Consortium Project Manager), Guido Bunzel (Nucellsys Project Manager), Manuel Specker (EPRI’s Contractor- Tests and Bus Integration Support), Sidney Gonçalves (Tutto Project Manager), José Ignácio S. de Almeida (former EMTU’s president), Joyce Ozório (EPRI Brasil Representative), Bob Graham (former EPRI’s Project Manager), Alexandre Correia (BR Distribuidora Project Manager), Carlos Zündt (EMTU Project Manager), Maria Helena Frank (Petrobras Cenpes Engineer).

## A estratégia de formação do consórcio para permitir a fabricação de um ônibus à célula a combustível no Brasil – aspectos técnicos, estratégicos e executivos

### OBJETIVO DO CONSÓRCIO

- Design, produção, operação e avaliação de ônibus urbanos movidos à célula a combustível e estação de abastecimento de hidrogênio combinando características favoráveis de operação com: segurança, alta eficiência, emissão zero e perspectivas de atingir custos competitivos.
- O projeto combina a alta tecnologia e a experiência de empresas líderes no mercado global em suas respectivas áreas de atuação, com a excelência de engenharia da indústria brasileira.
- Um novo ônibus à célula combustível foi desenvolvido usando chassis, carroceria e componentes produzidos no Brasil.

### OS PARCEIROS DO CONSÓRCIO

AES Eletropaulo, Ballard Power Systems, EPRI International, Hydrogenics, Marcopolo, Nucellsys, Petrobras Distribuidora e Tuttotrasporti.

### OBJETIVOS PARA O ÔNIBUS

Usar um conceito técnico avançado para obter progresso significativo em termos de durabilidade e confiabilidade, condições de operação, eficiência e consumo de combustível; construir o melhor de todos os ônibus à célula a combustível para o projeto PNUD/GEF no Brasil, e dar um significativo passo a frente na aplicação de sistemas célula a combustível no transporte urbano.

### LINHA CONCEITUAL DE TRABALHO

- Usar 2 sistemas de célula a combustível operando em paralelo e independente, permitindo redundância e alta confiabilidade para a operação do ônibus.
- Usar stacks de célula a combustível para aplicação automotiva compactos e comprovados, levando a reduções de peso, volume e custos, e se beneficiando das atuais melhorias que a indústria automobilística está obtendo com a tecnologia de célula a combustível.

- Usar hibridização combinando 2 sistemas de célula combustível com baterias e gerenciamento de energia, permitindo operação eficiente, maior durabilidade e confiabilidade.
- Usar componentes comprovados para obter boa qualidade e confiabilidade do sistema como um todo.
- Integrar o maior número possível de componentes produzidos nacionalmente para atender às necessidades do mercado e reduzir custos.
- Trabalhar com empresas renomadas e com ampla experiência, para reduzir riscos e custos.

### *Consortium formation strategy to enable the fuel cell bus manufacture in Brazil - technical, strategic and implementation aspects*

### THE CONSORTIUM'S GOAL

*The goal of the consortium is the design, production, operation and evaluation of fuel cell transit buses and hydrogen fueling station combining favorable operating characteristics with safety, high efficiency, zero emissions and prospects for competitive costs. The project combines technology leadership of world class companies in their respective areas with the engineering excellence of Brazilian industry. A new fuel cell bus has been engineered using a local bus chassis, a local bus body and local components.*

### CONSORTIUM PARTNERS

*AES Eletropaulo, Ballard Power Systems, EPRI International, Hydrogenics, Marcopolo, Nucellsys, Petrobras Distribuidora, Tuttotrasporti*

### OBJECTIVES FOR THE BUS

*To build a state-of-the-art fuel cell bus for the UNDP/GEF Project in Brazil and to prepare a significant step forward to the application of fuel cells in urban transportation, by applying an advanced technical concept with significant progress in lifetime, reliability, driving characteristics, efficiency, and fuel consumption.*

### MAIN CONCEPTUAL PATHS

- Use two parallel operating, independent fuel cell Systems bringing redundancy and higher reliability;
- Apply compact and proven automotive fuel cell stacks, to enable reductions in weight, volume and costs, and to benefit from the improvements of the passenger car industry;
- Employ hybridization by combining 2 fuel cell systems with batteries and energy management systems, allowing higher efficient operation, brake energy recuperation, and improving lifetime and reliability;
- Use proven components to achieve reliability and quality;
- Integrate local content as much as possible to fulfil market requirements and reduce costs; and
- Work with experienced companies to reduce costs and risks.

### O CONCEITO DO ÔNIBUS

Seguro, Eficiente, Emissão Zero, Piso Baixo e com Baixíssimo Nível de Ruído. Integrar um avançado sistema de propulsão híbrido em uma plataforma de ônibus produzida localmente em vez de importar os ônibus de célula a combustível já existentes, requer muito trabalho de engenharia, testes e disseminação de conhecimento, mas oferece a oportunidade de se atingir melhor performance e um envolvimento e comprometimento mais sólido da indústria brasileira e maior aceitação por parte do público.

### OBJETIVOS PARA A ESTAÇÃO DE HIDROGÊNIO

Fornecer uma estação de abastecimento de hidrogênio:

- Que permita uma operação completamente livre de emissões de CO<sub>2</sub>
- Que opere com segurança
- Que não polua o meio-ambiente e que tenha o potencial de se tornar comercialmente viável com relação aos custos de combustível e da estação de abastecimento

### LINHA CONCEITUAL DE TRABALHO

- Escolher o eletrolisador como fonte de produção de hidrogênio e eletricidade como portadora e distribuidora de energia.
- Demonstrar no Brasil que uma operação completamente livre de emissões de CO<sub>2</sub> é uma opção possível e viável e um passo adiante para um futuro desenvolvimento sustentável.
- Aplicar os procedimentos, normas, códigos e protocolos de segurança adequados para o uso do hidrogênio como combustível.
- Aproveitar a experiência de sólidas empresas de energia, como a Petrobras e a AES Eletropaulo e de centros de pesquisa e desenvolvimento, como o EPRI International para desenvolver no Brasil o conceito mais promissor, combinando eletricidade e hidrogênio, como fontes de energia.
- Exportar esse conceito para outras regiões e países.

### O CONCEITO DA ESTAÇÃO DE HIDROGÊNIO

- Combustível Seguro, Eficiente e Emissão Zero.
- A primeira estação de hidrogênio da América do Sul é liderada pela Petrobras, com apoio técnico da Hydrogenics.



### BUS CONCEPT

*Safe, Efficient, Zero Emission, Low Floor and Very Low Noise Level. Integrate an advanced hybrid fuel cell propulsion system in a local bus instead of importing existing fuel cell buses requires extensive engineering, testing and sharing knowledge, but offers of the potential to achieve better performance, stronger commitment and involvement of Brazilian industry and higher public acceptance.*

### OBJECTIVE FOR THE HYDROGEN FUELING STATION

*To provide a Hydrogen Fueling Station*

- *That allows well- to- wheel CO<sub>2</sub>- free operation;*
- *Operates safe and environmental friendly; and*
- *Has the potential of becoming commercial viable in respect to fuel and fuel station costs.*

### MAIN ELEMENTS

- *Choose on-site electrolyser as hydrogen source and electricity as energy carrier for the distribution.*
- *Demonstrate in Brazil that well-to-wheel CO<sub>2</sub> – free operation is possible and a viable option for a sustainable future.*
- *Apply safety standards, codes and protocols developed for the use of hydrogen as a fuel.*
- *Make use of the experience of strong energy companies like Petrobras and AES Eletropaulo and energy research and development center such as EPRI International to develop for Brazil the most promising combination of electricity and hydrogen as energy sources.*
- *Use this as a model case for other regions and countries.*

### CONCEPT FOR THE HYDROGEN FUELING STATION

- *Safe, Efficient and Zero Emission Fuel.*
- *The first hydrogen fueling station in South America and the infra-structure team will be led by Petrobras, with technical support provided by Hydrogenics.*

## GERENCIAMENTO DE PROJETO

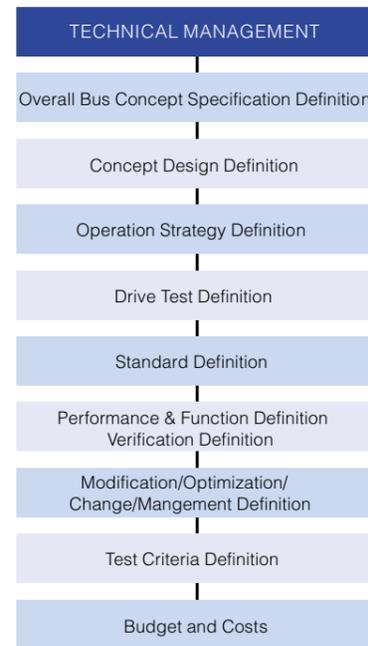


### EXPERIÊNCIA ADQUIRIDA ATRAVÉS DO PROJETO “ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO”

O EPRI se concentrou estrategicamente em 2 objetivos principais:

- Integrar o máximo possível empresas brasileiras no projeto.
- Usar experiências dos projetos de célula a combustível a nível mundial, especialmente do programa CUTE (Clean Urban Transportation in Europe), o qual ainda é o maior programa de frota de testes de veículos à célula a combustível do mundo.

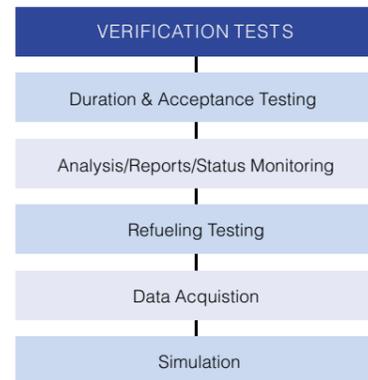
## PROJECT MANAGEMENT



Foram realizadas viagens a Europa para adquirir informações e conhecer a tecnologia em seu estado mais avançado, e conhecer as experiências positivas e negativas do programa CUTE.

O EPRI e as equipes técnicas conduziram análises profundas sobre:

- “Lições aprendidas” do CUTE e outros programas existentes.
- Simulação veicular e otimização durante a fase de design do ônibus.
- Temas sobre segurança e Hazard para definir todas as medidas necessárias para se obter uma operação segura e reduzir riscos o máximo possível.
- Programas de testes qualificados para continuar a otimizar o ônibus e seus sub-sistemas.



Em todos os passos, a vasta experiência dos parceiros brasileiros em tecnologias de ônibus e gerenciamento de energia foi importante. De igual importância destacamos a dedicação para adaptar uma tecnologia, a qual virá reforçar a liderança brasileira em aplicar sustentabilidade nas áreas de energia renovável e de transporte no país. Essa dedicação das equipes brasileiras foi valiosa para vencer desafios de logística, típicos em complexos projetos internacionais.



Carlos Zündt e Aquilino Timmermann / Carlos Zündt and Aquilino Timmermann

### EXPERIENCE ACQUIRED THROUGH THE BRAZILIAN FUEL CELL BUS PROJECT

EPRI focused on two main objectives:

- To integrate Brazilian companies in the project, and
- To use experience from fuel cell buses worldwide, especially from the CUTE (Clean Urban Transportation in Europe) program, which still is the biggest fleet test program of fuel cell vehicles.

The team was committed to a close international collaboration and to the process of technology transfer for Brazil.

Information was gathered in Europe regarding the “state of the art” and the positive and as well negative experiences in the CUTE program.

EPRI and the teams analyzed

- “Lessons learned” from CUTE and other existing programs;
- Vehicle simulation and optimization in the design phase of the bus;
- Hazard and safety issues in order to define all measures necessary to achieve a safe operation and to reduce risks as much as possible; and
- Qualified test programs to further optimize the bus and its sub-systems.

In all these steps the broad experience of the Brazilian partner in bus technology and energy management were important. Also important was the dedication to adapting a technology that can strengthen Brazil’s leading position in applying sustainable energy and transportation technologies. This dedication was valuable in addressing logistical challenges in a broad international program.

28 de janeiro de 2008 – Reuniões técnicas e do comitê diretor, visita ao ônibus na Tutto em Caxias do Sul. Membros da equipe nesta foto (da esquerda para a direita): José Luiz Albertin (ex-Gerente de Projeto Netz), Luso Ventura (Diretor Netz), Salim Pirani (Gerente de Projeto Hydrogenics), Guido Bunzel (Gerente de Projeto Nucellsys), Massimo Venturi (Diretor Nucellsys), Carlos Zündt (Gerente de Projeto EMTU), Octacílio de Oliveira Ribeiro (ex-engenheiro EMTU), Monica Saraiva Panik (sub-contratada EPRI – Gerente de Projeto pelo Consórcio), Prof. Dr. Ferdinand Panik (sub-contratado EPRI – Gerente Técnico do Projeto pelo Consórcio), Agenor Boff (Presidente Tutto), Sidney Gonçalves (Gerente de Projeto Tutto), Marcos Moreira (Diretor Tutto), José Luiz Goes (Gerente de Projeto Marcopolo), Silvano Pozzi (Gerente de Projeto Ballard), Paulo Isabel (Engenheiro Petrobras Cenpes), Alexandre Correia (Gerente de Projeto BR Distribuidora), Fúlvio Andrade (ex-Gerente de Projeto AES Eletropaulo).

January 28th, 2008 – Technical and Steering Committee meetings and visit at Tutto’s facilities in Caxias do Sul. Team members in this picture (from the left to the right): José Luiz Albertin (former Netz Project Manager), Luso Ventura (Netz Director), Salim Pirani (Hydrogenics Project Manager), Guido Bunzel (Nucellsys Project Manager), Massimo Venturi (Nucellsys Director), Carlos Zündt (EMTU Project Manager), Octacílio de Oliveira Ribeiro (former EMTU Engineer), Monica Saraiva Panik (EPRI’s contractor – Consortium Project Manager), Prof. Dr. Ferdinand Panik (EPRI’s contractor – Consortium Technical Project Manager), Agenor Boff (Tutto’s president), Sidney Gonçalves (Tutto Project Manager), Marcos Moreira (Tutto’s director), José Luiz Goes (Marcopolo Project Manager), Silvano Pozzi (Ballard’s Project Manager), Paulo Isabel (Petrobras Cenpes Engineer), Alexandre Correia (BR Distribuidora Project Manager), Fúlvio Andrade (former AES Eletropaulo Project Manager).

## SOLUÇÕES TÉCNICAS USADAS NO ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO

Os principais melhoramentos comparados com os ônibus do projeto CUTE se deram devido ao fato de se ter escolhido um sistema incluindo baterias como apoio ao sistema de célula a combustível, com o objetivo de:

- Permitir a recuperação de energia de frenagem operando os motores elétricos durante a frenagem no modo gerador. Assim a energia cinética do ônibus será transformada em energia elétrica, que pode ser armazenada nas baterias.
- Implementar um sistema de gerenciamento de energia entre as baterias e os sistemas de célula a combustível para melhorar a eficiência, confiabilidade e durabilidade.
- Introduzir sistemas auxiliares de tração com demanda controlada e integrá-los no sistema geral de gerenciamento de energia.

- Usar sistemas de célula a combustível mais compactos na forma de duas unidades automotivas Ballard/Nucellsys para reduzir peso, volume e custos e para implementar uma linha dupla direcional redundante.
- Usar tecnologias aprovadas para os motores elétricos, para a eletrônica embarcada, para as baterias, e para os sistemas de controle, a fim de reduzir custos e melhorar confiabilidade.
- Integrar todos os componentes do sistema de propulsão na parte traseira do ônibus, em vez de no teto, para facilitar os serviços de manutenção e melhorar a performance dinâmica geral do ônibus.
- Usar tecnologias de ônibus brasileiras para reduzir custos e atender a demanda do mercado nacional.

## TECHNICAL SOLUTIONS USED FOR THE BRAZILIAN FUEL CELL BUS

The main improvements compared to the CUTE buses were to support the fuel cell system by batteries with the objective of:

- Allow brake energy recuperation by operating the electric motors during braking in the generator mode. In this way kinetic energy of the bus can be transformed into electric energy which can be stored in the batteries.
- Implement an energy management system between batteries and fuel cells to improve efficiency, reliability and durability.
- Introduce demand-controlled auxiliary drive systems and integrate them in the overall energy management system.
- Use more compact fuel cell systems in form of two Ballard/Nucellsys automotive units to reduce weight, volume and costs and to implement a redundant twin drive line.
- Use proven technology for electric motors, power electronics, batteries, control systems to reduce costs and improve reliability.
- Integrate all drive train components in the rear part of the bus instead on the roof to improve service and maintenance tasks and improve overall dynamic performance of the bus.
- Use Brazilian bus technology to reduce costs and to meet the local market demands



© Natalia Prodanovska / iStockphoto.com



Carlos Zinetti e Arquivo Tutto/epri / Carlos Zinetti and Arquivo Tutto/epri

24 de julho de 2008 - Cumprimento da Milestone: "Protótipo Completo com Motor Híbrido Hidrogênio" na Tutto em Caxias do Sul. Membros da equipe nesta foto (da esquerda para a direita): Sidney Gonçalves (Gerente de Projeto Tutto), Prof. Dr. Ferdinand Panik (sub-contratado EPRI – Gerente Técnico do Projeto pelo Consórcio), Paulo Isabel (Engenheiro Petrobras Cenpes), Rainer Bauer (Engenheiro Nucellsys), Monica Saraiva Panik (sub-contratada EPRI – Gerente de Projeto pelo Consórcio), José Ignácio S. de Almeida (ex-presidente EMTU), Agenor Boff (Presidente Tutto).

July 24th, 2008 – Milestone Accomplishment: "Completion of Prototype on Hybrid Hydrogen Power" at Tutto's facilities in Caxias do Sul. Team members in this picture (from the left to the right): Sidney Gonçalves (Tutto Project Manager), Prof. Dr. Ferdinand Panik (EPRI's contractor – Consortium Technical Project Manager), Paulo Isabel (Petrobras Cenpes Engineer), Rainer Bauer (Nucellsys Engineer), Monica Saraiva Panik (EPRI's contractor – Consortium Project Manager), José Ignácio S. de Almeida (former EMTU's president), Agenor Boff (Tutto's president).

## RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO PROJETO ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO

A performance do Ônibus Brasileiro a Hidrogênio demonstrou ser em todos os aspectos superior aos 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.

Entretanto existe ainda necessidade para otimizações:

- O design da integração dos componentes no compartimento do motor tem que ser mais compacto para permitir a instalação de uma fileira adicional de assentos para passageiros na parte traseira do ônibus.
- O peso do ônibus é ainda alto comparado com um ônibus a diesel.
- O balanceamento de peso ainda não é o ideal com a tendência de sobrecarregar o eixo dianteiro. Isso pode ser resolvido mudando de posição o sistema de tanques de hidrogênio e o ar-condicionado instalados na dianteira do teto do ônibus, colocando o pesado sistema de tanques de hidrogênio na parte traseira do teto.



Carlos Zinzi e Aquino Ulbrasson / Carlos Zinzi and Archie Ulbrasson

177

176



© Casa Piza | liscopinto.com

## RESULTS OBTAINED THROUGH THE BRAZILIAN FUEL CELL BUS PROJECT

*Performance of the Brazilian bus in all aspects were demonstrated superior compared to the CUTE buses:*

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

*Nevertheless there is still room for further optimizations:*

- *More compact arrangement of components in the engine compartment will allow for an additional row of passenger seating.*
- *The weight of the bus is still too high compared with a Diesel bus.*
- *The balance of weight is not optimal, with a tendency of overloading the front axle. This might be solved by changing the positions of the hydrogen tanks and the air-conditioning system on top of the roof. (Putting the heavier hydrogen system to the rear end of the roof).*



Carlos Zinzi e Aquino Ulbrasson / Carlos Zinzi and Archie Ulbrasson

24 de Julho de 2008 – Cumprimento da Milestone: “Protótipo Completo com Motor Híbrido Hidrogênio” na Tutto em Caxias do Sul. Membros da equipe técnica do ônibus nesta foto (da esquerda para a direita): Sidney Gonçalves (Gerente de Projeto Tutto), Guido Bunzel (Gerente de Projeto Nucellsys), Rainer Bauer (Engenheiro Nucellsys), Monica Saraiva Panik (sub-contratada pelo EPRI – Gerente de Projeto pelo Consórcio), Manuel Specker (sub-contratado pelo EPRI - testes e suporte à integração), Emilio Batista (Engenheiro Tutto).

July 24th, 2008 – Milestone Accomplishment: “Completion of Prototype on Hybrid Hydrogen Power” at Tutto’s facilities in Caxias do Sul. Team members in this picture (from the left to the right): Sidney Gonçalves (Tutto Project Manager), Guido Bunzel (Nucellsys Project Manager), Rainer Bauer (Nucellsys Engineer), Monica Saraiva Panik (EPRI’s contractor – Consortium Project Manager), Manuel Specker (EPRI’s contractor - tests and bus integration support), Emilio Batista (Tutto Engineer).

**OUTROS PROJETOS DE ÔNIBUS À  
CÉLULA A COMBUSTÍVEL**

**OTHER FUEL CELL BUS PROJECTS**



Andy Prasad, Universidade de Delaware / Andy Prasad, University of Delaware

O projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio é o primeiro do gênero que o EPRI participa na América do Sul. Até o final de 2008 o EPRI participou no desenvolvimento de um sistema à célula a combustível a Methanol juntamente com um instituto na Alemanha e a Universidade de Georgetown, DC. Atualmente, o EPRI participa de um projeto de um ônibus de 30 pés com célula combustível com alcance estendido e uma enorme bateria Altairnano.

Informações para contacto com o EPRI:  
Andra Rogers  
3420 Hillview Avenue  
PO Box 10412  
Palo Alto, CA 94303  
www.epri.com  
arogers@epri.com

*The Brazilian Fuel Cell Bus project is EPRI's first in South America. EPRI participated until the end of 2008 in the development of a Methanol Fuel Cell system at an Institute in Germany and currently EPRI participates on a project of a 30-foot bus with a range extending fuel cell and a large Altairnano battery.*

*Contact information at EPRI:  
Andra Rogers  
3420 Hillview Avenue  
PO Box 10412  
Palo Alto, CA 94303  
www.epri.com  
arogers@epri.com*



 Eletropaulo

**BALLARD**

**EPRI**

**HYDROGENICS**  
Advanced Hydrogen Solutions

 **Marcopolo**

**NUCELLSYS**  
THE FUEL CELL SYSTEM COMPANY

 **PETROBRAS**



 **FINEP**



**EMTU**

SECRETARIA DOS  
TRANSPORTES METROPOLITANOS

 **GOVERNO DE  
SÃO PAULO**

Ministério de  
Minas e Energia

