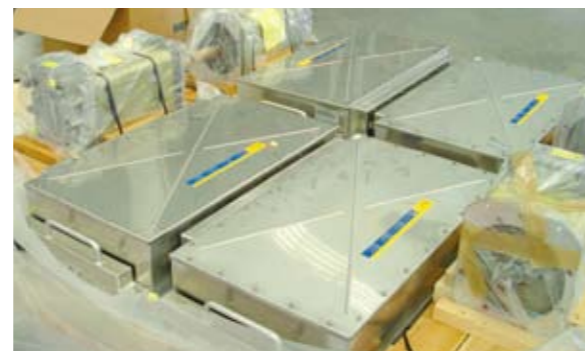


HDU ou caixa de distribuição de alta tensão.

HDU or high tension distribution box.



Recebimento dos componentes do conjunto de tração da SIEMENS.

Receiving components of traction assembly from SIEMENS.



Instalação mecânica dos componentes da eletrônica de potência.

Mechanical installation of components for power electronic.



Instalações dos circuitos de alta tensão e da eletrônica de controle.

Installing high tension circuits and control electronics.

## SUBSISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA

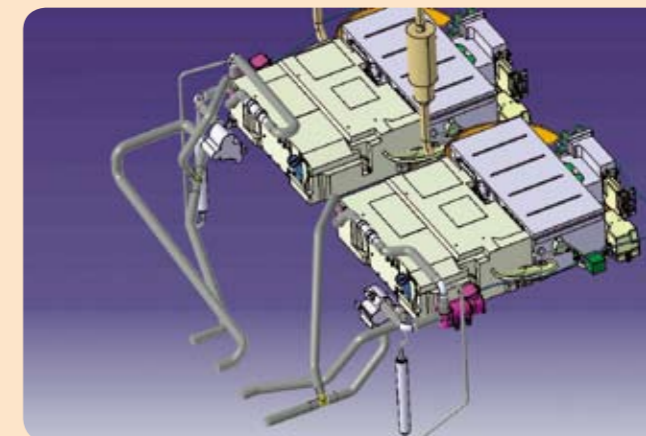
## ENERGY GENERATION SUBSYSTEM

Foram usados dois sistemas automotivos de célula a combustível, com capacidade para aproximadamente 130KW de potência elétrica quando trabalhando juntas. Cada sistema de célula a combustível pode funcionar independentemente do outro, e por esse motivo os sistemas periféricos como os de arrefecimento, alimentação de hidrogênio, entrada de ar, exaustão e instrumentação eletrônica precisam ser também duplicados. Os sistemas de célula a combustível foram instalados lado a lado mantendo a simetria possível para todos os componentes periféricos e oferece condições de operação semelhantes aos dois sistemas, além do benefício da distribuição de peso.

Two automotive fuel cells systems were used, with capacity of approximately 130KW of electrical power when they are operating simultaneously. Each fuel cell system can operate without depending on the other, and for that reason, peripheral systems such as cooling, hydrogen supply, air inlet, exhaustion, and electronic instrumentation need to be duplicated as well. The fuel cell systems were installed side by side, keeping symmetry as possible for all the peripheral components and offers operation conditions that are very much similar to the two systems, besides the benefit of distributing weight.

Planejamento para as instalações dos sistemas periféricos de ar e água para os sistemas de célula a combustível.

Planning installation for peripheral systems of air and water for the fuel cell systems.



Chegada dos sistemas de célula a combustível

Arrival of the fuel cell systems.



Sistemas de Célula a Combustível instalados com todos os sistemas periféricos.

Fuel cell systems installed with all peripheral systems.



**SISTEMAS DE ARREFECIMENTO**

O ônibus possui dois diferentes sistemas de arrefecimento, um que chamamos de LT, ou de baixa temperatura, e um HT ou de alta temperatura. O sistema de LT é composto por uma bomba d'água, um radiador e um ventilador hidráulico, além da instrumentação e controle necessários. Esse sistema é responsável pelo arrefecimento dos motores elétricos e toda a eletrônica de potência, e inclui ainda a função de alimentar os condensadores das células a combustível.

**COOLING SYSTEMS**

The bus has two different cooling systems, one that we call LT, or low temperature, and the other one is HT or high temperature. The LT system is made up of a water pump, a radiator, and a hydraulic fan, in addition to all the instruments and control switches that is necessary. This system is responsible for cooling the electric motors and all the power electronic, and it also has the function of feeding the fuel cell condensers.

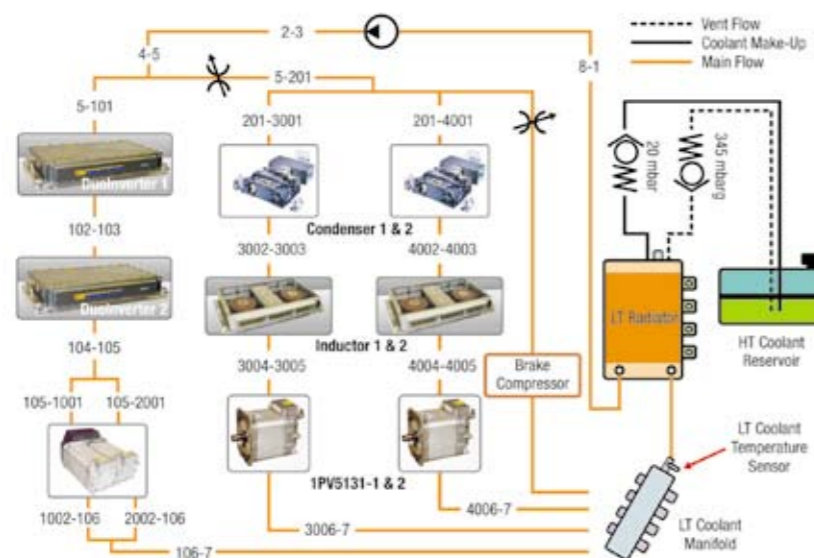
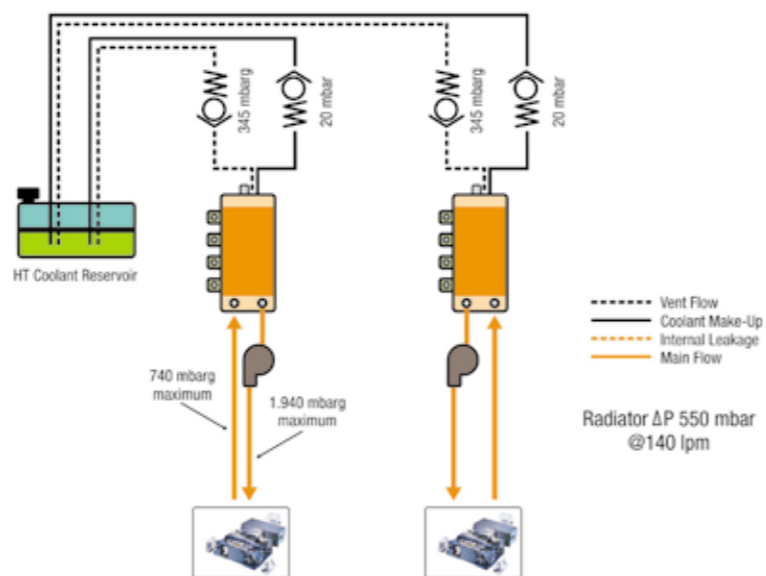


Diagrama esquemático do sistema de arrefecimento de baixa temperatura.

Schematics for the low temperature cooling system.

Diagrama esquemático do sistema de arrefecimento de alta temperatura.

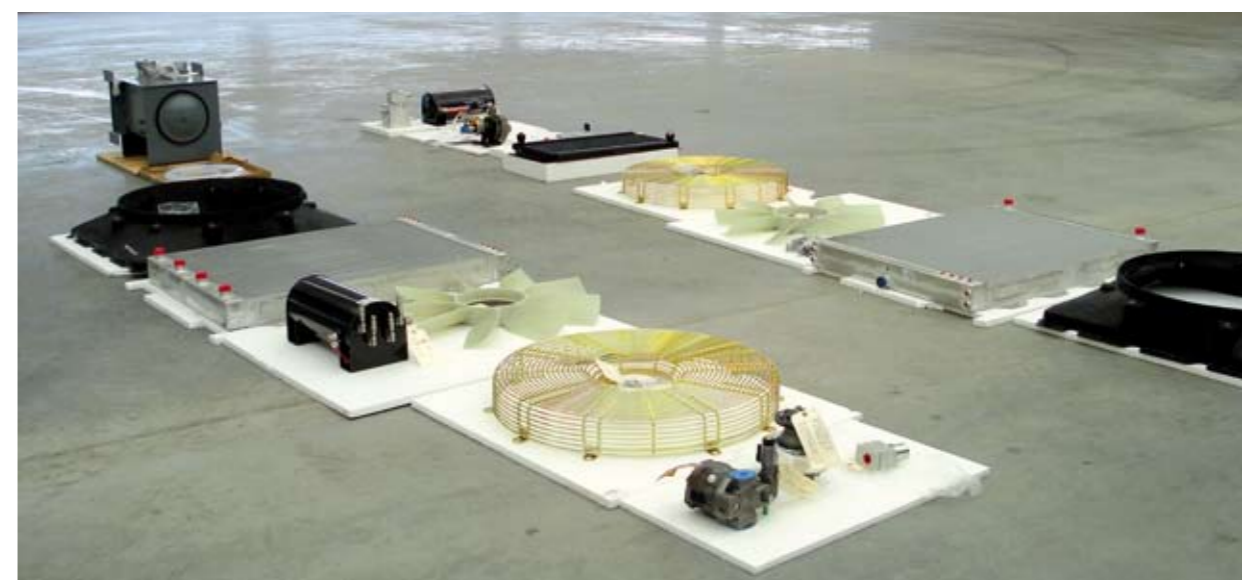
Schematics for the high temperature cooling system.



Radiator ΔP 550 mbar @140 lpm

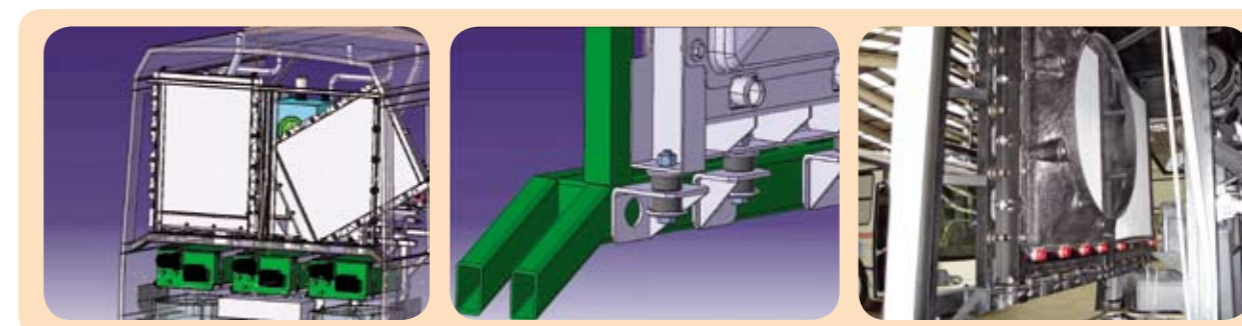
Existem dois sistemas de HT, um para cada sistema de célula a combustível. Esses sistemas são essenciais para o funcionamento das células, que necessitam de um controle eficiente e preciso das temperaturas de entrada e saída de suas stacks. A stack é o módulo onde ocorre a reação entre hidrogênio e oxigênio e a consequente produção de eletricidade. Dentro desses módulos existe alta tensão, e por esse motivo o fluido de refrigeração precisa ter baixíssima condutividade elétrica. É usado nesse sistema água deionizada e componentes especiais para evitar a contaminação do líquido refrigerante, além disso, filtros limpam removendo partículas e íons mantendo a qualidade da água.

There are two HT systems, one for each fuel cell system. These systems are essential for the operation of the cells, which need an efficient and accurate control of the temperatures in and out of their stacks. A stack is the module where the reaction between hydrogen and oxygen takes place, and the consequent production of energy. Inside those modules there is high voltage and because of that cooling fluid must have very low electric conductivity. Deionized water and special components are used in this system to prevent contamination of coolant, and in addition to that filters are used to remove particles and ions and keep the quality of the water.



Componentes usados para os sistemas de arrefecimento.

Components used for the cooling system.



Planejamento para instalação dos radiadores. Planning to install radiators.

Projeto dos dispositivos de fixação dos radiadores. Project for radiator fixing devices.

Instalação dos radiadores. Installing radiators.

**SUBSISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA**

A energia que movimenta os motores elétricos do veículo é produzida pelas células a combustível e pode ser armazenada em baterias de alta capacidade. O veículo possui três baterias instaladas na parte traseira abaixo dos radiadores. Essas baterias trabalham a

temperaturas internas altas, e por esse motivo necessitam de sistemas de ventilação forçada independentes. Apesar da temperatura externa das baterias não ultrapassar os 40 °C, em caso de acidentes com perda de isolamento, pode haver a elevação da temperatura externa, e por isso, não deve existir contato entre as baterias e outros componentes periféricos. Sensores de superaquecimento foram

instalados ao corpo externo das baterias para detectar qualquer anomalia térmica e desencadear o desligamento do sistema.

As baterias também podem ser carregadas e aquecidas através da rede elétrica, para isso o veículo possui três carregadores eletrônicos independentes e um receptáculo para conexão do sistema à rede elétrica externa.

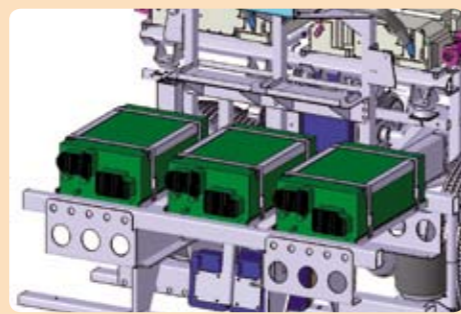
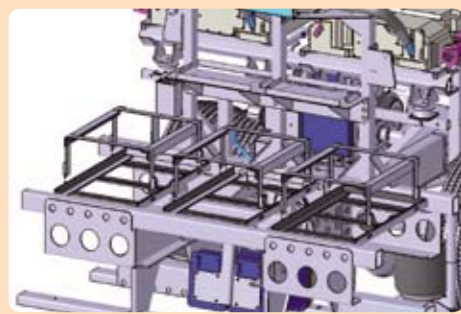
**ELECTRIC ENERGY STORAGE SUBSYSTEM**

The energy that moves the electric motors of the vehicle is produced by fuel cells and can be stored in batteries of high capacity. The vehicle has 3 batteries installed at the rear underneath the radiators. These batteries operate at high internal temperatures and, for that reason, need

independent forced ventilation systems. Even though the external temperature of the batteries does not exceed 50°, in case of accidents where isolation is lost, there might be some elevation in the external temperature and because of it there should be no contact between the batteries and other peripheral components. Overheating sensors have been installed on the external body of

the batteries in order to detect any thermal anomaly and bring system to a shutdown.

Batteries can also be charged and heated through the external electric supply, and that's why the vehicle is equipped with 3 independent electronic chargers and a port to connect the system with the external electric supply system.



Planejamento e instalação das baterias de alta tensão.

Planning and installing high tension batteries.



FOTOS: Arquivo Tuttotrasporti / PHOTOS: Archive Tuttotrasporti



Instalação dos sistemas de ventilação e controle de temperatura das baterias de alta tensão.

Installation of ventilation systems and temperature control of high tension batteries.



Receptáculo para recarga das baterias de alta tensão.

Vessel to recharge high tension batteries.

**SISTEMA DE GERENCIAMENTO DO VEÍCULO**

Cada subsistema utilizado nesse veículo possui seu próprio computador responsável por suas funções de trabalho e auto-segurança. Para que o veículo funcione, todos esses subsistemas necessitam de condições adequadas como alimentação e proteção elétrica, controle de temperatura e comunicação.

O sistema de gerenciamento do veículo é responsável pelo fornecimento dessas condições. Três computadores independentes, porém funcionando sincronizados por um software desenvolvido especialmente para esse veículo, comandam circuitos de distribuição de energia para todos os componentes do veículo. Além da distribuição de energia, esse sistema garante a comunicação entre os diversos subsistemas, através da tradução e manipulação de informações trocadas entre subsistemas que possuem protocolos incompatíveis. É responsável também pelos controles: de temperatura das células a combustível e dos demais componentes eletrônicos de potência, do controle de carga das baterias de baixa tensão, do controle e monitoramento do sistema de armazenamento de hidrogênio, funções de segurança entre outras.

Esse sistema foi integralmente desenvolvido pela engenharia da Tutto, incluindo chicotes elétricos, placas eletrônicas de distribuição, rede CAN, arquitetura dos dispositivos de segurança, instrumentação e softwares de gerenciamento e controle.

Projetos elétricos e eletrônicos, fabricação de placas eletrônicas e chicotes elétricos.

Electric and electronic projects, manufacturing of electronic boards, harnesses.



Desenvolvimento de software de gerenciamento, controle e instrumentação.

Development of software for management, control and instrumentation.

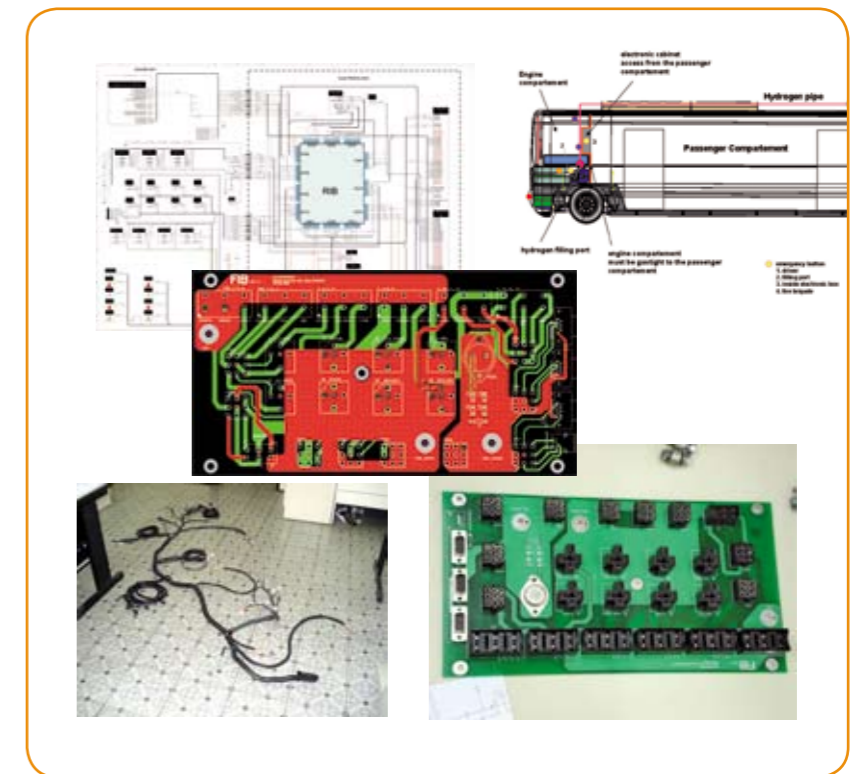
**VEHICLE MANAGEMENT SYSTEM**

Every subsystem used on this vehicle has its own computer responsible for its operating functions and self-security. So that the vehicle can operate, all these systems need proper conditions such as electric protection and supply, temperature control and communication.

The vehicle management system is responsible for providing such conditions. Three independent computers – synchronized by software especially developed for this vehicle – command energy distribution circuits to all the components of the vehicle. In addition to the distribution of energy, this system assures communication among the several subsystems, by translating and

manipulating information exchanged between the subsystems with protocols that are incompatible. It is also responsible for the control of the temperature at the fuel cells, electronic power systems, recharge of batteries, the control and monitoring of the hydrogen storage system, security functions, among many others.

This system was fully developed by Tutto engineering, including harnesses, distribution boards, CAN net, architecture of security devices, instruments and management and control software.



### ESTRUTURA DE COMUNICAÇÃO DO VEÍCULO

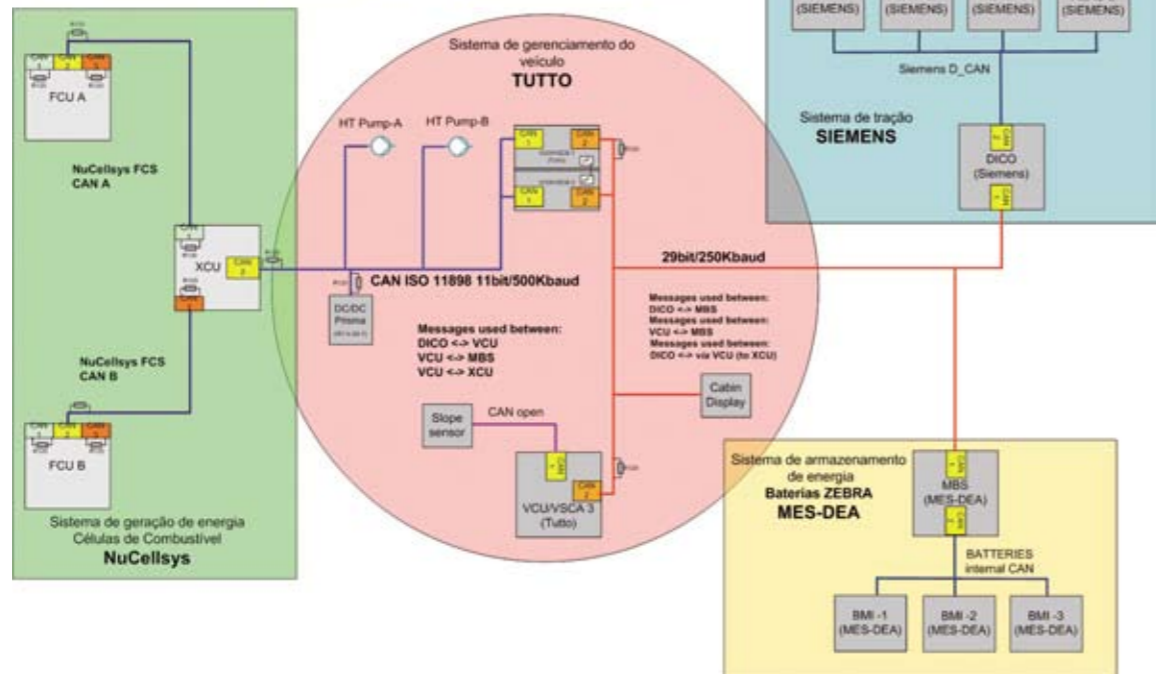


Diagrama simplificado da estrutura de rede usada no veículo.

Simplified schematics of the power supply system used on the vehicle.



Testes de ruído no autódromo de Guaporé no Rio Grande do Sul.

Noise tests at the racecourse in Guaporé, Rio Grande do Sul.



Testes funcionais em ruas e rodovias de Caxias do Sul.

Functional tests on streets and roads in Caxias do Sul.



FOTOS: Arquivo Tuttotrasporti / PHOTOS: Archive Tuttotrasporti

### TESTES E OTIMIZAÇÃO

Para a conclusão do veículo todos os testes de funcionamento e ajustes foram executados em Caxias do Sul em pistas especiais e rodovias regulares. Uma estação provisória para abastecimento do veículo com hidrogênio foi montada em uma área próxima da fábrica. As instalações demonstram, propositalmente, a simplicidade do processo, desmistificando a imagem de perigo do abastecimento com hidrogênio. Entretanto a estação atendia todas as normas de segurança e possuía as autorizações exigidas para sua operação.

### TESTS AND OPTIMIZATION

In order to conclude the vehicle, all operating tests and adjustments were carried out in Caxias do Sul on both special and regular roads. A temporary station to supply vehicle with hydrogen was assembled in an area near the manufacturing plant. Despite its simple and rudimentary appearance, the installations met the standards necessary for safety and had all the permits required for the operations.

Testes de componentes eletrônicos.

Electronics components tests

Abastecimento do veículo na estação de hidrogênio provisória em Caxias do Sul.

Fueling the vehicle at the temporary station in Caxias do Sul.



Missão cumprida em benefício da humanidade e do planeta. Parabéns a todos nós! Mission accomplished for the benefit of mankind and of the planet. Congratulations to us all!

# ENERGIA PARA GERAÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DA ELETRÓLISE – PERSPECTIVAS DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA

## ENERGY FOR GENERATING HYDROGEN BY ELECTROLYSIS—TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY PERSPECTIVES

### AES Eletropaulo

#### I. HISTÓRICO

##### Sobre a AES Eletropaulo

A companhia teve origem em 1899, com a fundação da The São Paulo Railway, Light Power Company Limited. A partir de 1923, essa empresa passou a ser controlada pela holding Brazilian Traction Light and Power Co. Ltd, que, em 1956, foi reestruturada, denominando-se Brascan Limited. Em 1979, o governo federal, por meio da Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.), adquiriu da Brascan o controle acionário da então Light – Serviços de Eletricidade S.A. Em 1981, a empresa passou ao governo paulista, que alterou o nome da companhia para Eletropaulo – Eletricidade de São Paulo S.A. Em 1995, uma reestruturação decorrente do programa de privatização fez com que a Eletropaulo desse origem a quatro empresas: duas distribuidoras de energia elétrica (Eletropaulo – Eletricidade de São Paulo S.A. e EBE – Empresa Bandeirante de Energia S.A.), uma transmissora de energia elétrica (EPTE – Empresa Paulista de Transmissão de Energia Elétrica, atual CTEEP) e uma geradora de energia elétrica (Emae – Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A.). Em 15 de abril de 1998, a Eletropaulo foi adquirida, por meio de leilão de privatização, pela Lightgás, com participação de capital entre a AES Corporation, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Electricité de France (EDF) e Reliant Energy. Em janeiro de 2001, após nova composição, passou a ser controlada apenas pela AES Corp.

##### Sobre a AES Corp.

Fundada em 1981, a AES é um dos maiores investidores do setor elétrico mundial. Há 28 mil colaboradores envolvidos em

operações que incluem distribuição e geração de energia – hídrica, térmica e de fontes alternativas – com atuação em 28 países. Na América Latina, onde opera desde 1993, a AES está presente na Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, El Salvador, Panamá e República Dominicana.

Desde 2003, o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) é sócio da AES no capital da Eletropaulo, por meio da criação da holding Companhia Brasileira de Energia S.A., após a reestruturação das dívidas das empresas controladoras da Eletropaulo. Atualmente, a AES Eletropaulo é uma companhia aberta, com ações ordinárias e preferenciais listadas na Bovespa (Bolsa de Valores de São Paulo), sendo que faz parte, desde 2004, do Nível 2 de Governança Corporativa e, desde 2005, do Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) desta instituição.

#### I. HISTORY

##### About AES Eletropaulo

The company was founded in 1899, under the name The São Paulo Railway, Light Power Company Limited. From 1923 on, this company started to be controlled by a holding company called Brazilian Traction Light and Power Co. Ltd, which, in 1956, was restructured and came to be called Brascan Limited. In 1979, by means of Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.), the Brazilian federal government acquired from Brascan the share control of the then called Light – Serviços de Eletricidade S.A. In 1981, the company control was transferred to the State of São Paulo government, which changed the company name to Eletropaulo – Eletricidade de São Paulo S.A. In 1995, in view of

the privatization program a restructuring took place transforming Eletropaulo in four different companies: two electric energy distribution companies (Eletropaulo – Eletricidade de São Paulo S.A. and EBE – Empresa Bandeirante de Energia S.A.), one electric energy transmission company (EPTE – Empresa Paulista de Transmissão de Energia Elétrica, currently CTEEP), and one electric energy generation company (Emae – Empresa Metropolitana de Águas e Energia S.A.). On April 15, 1998, Eletropaulo was purchased, in a privatization auction, by Lightgás, with capital interest by AES Corporation, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Electricité de France (EDF), and Reliant Energy. In January 2001, after a new adjustment, it started to be solely controlled by AES Corp.

##### About AES Corp.

Founded in 1981, AES is one of the main global investors in the electricity industry. More than 28,000 employees are involved in such operations as distribution and generation of hydro, thermal, and alternative energy sources, in 28 countries. AES operates in Latin America since 1993, in such countries as Argentina, Brazil, Chile, Colombia, El Salvador, Panama, and the Dominican Republic.

Since 2003, after the restructuring of Eletropaulo's holding companies' debts, BNDES (Brazil's National Bank of Economic and Social Development) is a AES partner in Eletropaulo's capital share, by means of the holding company Companhia Brasileira de Energia S.A. Currently, AES Eletropaulo is a publicly-held company, with common and preferred stocks listed in Bovespa (São Paulo Stock Exchange), and, since 2004, it is included in this institution's Corporate Governance Level 2 and, since 2005, in its Corporate Sustainability Index (ISE).



## 2 - EMPRESAS MEMBROS DO CONSÓRCIO

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

AES ELETROPAULO

RESPONSÁVEL PELA ESPECIFICAÇÃO, DESIGN E APROVAÇÃO DA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA; PELA CONEXÃO DA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA NA REDE E TAMBÉM POR ASSEGURAR A QUALIDADE DE ENERGIA E DISPONIBILIDADE DA REDE ELÉTRICA ATÉ O PONTO DE FORNECIMENTO.

### 2 - COMPANIES MEMBERS OF THE CONSORTIUM

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

AES ELETROPAULO

RESPONSIBLE FOR: (I) THE POWER SUBSTATION SPECIFICATIONS, DESIGN AND APPROVAL; (II) THE CONNECTION OF THE POWER SUBSTATION TO THE POWER GRID; AND (III) ASSURING THE ENERGY QUALITY AND AVAILABILITY FOR POWER SUBSTATION OPERATION UNTIL THE DELIVERY POINT.

AES Eletropaulo

## O mercado atual da AES Eletropaulo

A AES Eletropaulo distribui energia no principal centro econômico e financeiro do Brasil – são 24 municípios da Região Metropolitana de São Paulo, incluindo a capital, onde o consumo anual é de aproximadamente 40 mil GWh de energia. A empresa conta com cerca de 4,2 mil colaboradores próprios. Entre seus ativos estão 148 subestações e um total de 1,1 milhão de postes.

O atendimento aos 5,7 milhões de clientes é feito presencialmente nas Lojas de Atendimento e Postos Mais Eletropaulo, pelo telefone, por meio das centrais de atendimento (Comercial e de Emergência), ou ainda pelo site [www.eletropaulo.com.br](http://www.eletropaulo.com.br).

As diretrizes do setor elétrico brasileiro são estabelecidas pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e reguladas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em âmbito federal, e, no Estado de São Paulo, pela Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo (ARSESP).

No segmento de distribuição de energia elétrica, em que a AES Eletropaulo atua, existem 64 concessionárias, privadas ou estatais, que atendem a 47 milhões de clientes em 99% dos municípios do País. Desde dezembro de 2004, está em vigor o novo modelo do setor elétrico, disciplinado pela Lei 10.848/2004, que instituiu o novo ambiente de contratação de energia elétrica. Como concessionária de distribuição de

energia elétrica, a AES Eletropaulo tem como principais compromissos manter e melhorar o nível de qualidade do fornecimento de energia elétrica, atender à crescente demanda de seu mercado e adotar iniciativas vinculadas ao desempenho socioeconômico e ao desenvolvimento ambiental das comunidades de sua área de concessão.

Nesse contexto, em 2007 a AES Eletropaulo realizou investimentos da ordem de R\$ 430 milhões, focados na excelência operacional, no aumento da confiabilidade e da capacidade de atendimento dos sistemas, melhorando os níveis de qualidade e eficiência, minimizando perdas e oferecendo o melhor atendimento aos clientes de todas as classes de consumo.

### AES Eletropaulo current market

*AES Eletropaulo distributes energy in Brazil's main economic and financial center — a total of 24 cities in São Paulo Metropolitan Region, including the capital, with an approximate annual consumption of 40,000 GWh of energy. The company own employees amount to 4,200. Among its assets, there are 148 substations and a total of 1.1 million lampposts.*

*Customer service for the 5.7 million clients is provided at Custom Service Stores and the "Mais Eletropaulo" stands, over the telephone, in the Commercial and Emergency service centers, or via the company's website ([www.eletropaulo.com.br](http://www.eletropaulo.com.br)).*

*The Brazilian electricity system guidelines are determined by the Ministry of Mines and Energy (MME) and regulated by the Electricity Regulatory Agency (ANEEL), whose jurisdiction is the whole country, and by the São Paulo State Sanitation and Energy Regulatory Agency (ARSESP), within the State of São Paulo.*

*In the electric energy distribution sector, in which AES Eletropaulo operates, there are 64 private or government-owned concessionaires, rendering services to 47 million clients in 99% of Brazilian municipalities. Since December 2004, new electricity sector guidelines are in force, ruled by the Law 10.848/2004, which determined the new rules for contracting electric energy. As an electric energy distribution concessionaire, AES Eletropaulo's mission is maintaining and improving the electric energy supply quality level, provide for the growing demand in its market sector, and starting initiatives related to the socioeconomic performance and environmental development of communities within its concession area.*

*Within this context, AES Eletropaulo invested R\$ 430 million in 2007 for improving operational performance and system reliability and capacity, increasing quality and efficiency levels, minimizing losses, and offering the best available services to all electricity consumption classes.*



A AES Eletropaulo investe constantemente na expansão e manutenção do sistema elétrico. Em 2008, a empresa alcançou um dos melhores indicadores de qualidade de sua história.

AES Eletropaulo makes on-going investments in the electric system expansion and maintenance. In 2008, the company attained one of its best quality indicators ever.



Colaborador da AES Eletropaulo trabalhando na rede de distribuição

AES Eletropaulo employee working in the distribution network

A AES Eletropaulo trabalha continuamente para aumentar a qualidade dos serviços prestados a seus clientes. Nesse processo, novos conhecimentos e inovações tecnológicas são desenvolvidos e agregados aos procedimentos da companhia, contribuindo também para a consolidação da reputação da empresa no setor de distribuição de energia elétrica.

Anualmente, por determinação da ANEEL, a empresa destina 0,20% de sua receita operacional líquida em projetos focados na inovação de processos técnicos, comerciais e operacionais, no desenvolvimento de tecnologias mais eficazes, na redução de impactos ambientais, na segurança de colaboradores e empregados terceirizados e na promoção de iniciativas sustentáveis para as comunidades onde a distribuidora está presente.

Mais do que uma exigência regulatória, a linha de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da AES Eletropaulo é uma importante ferramenta para a companhia promover melhorias contínuas na prestação do serviço, com a qualidade e a confiabilidade esperada pelos seus clientes. Por meio de um destes projetos, a AES Eletropaulo é uma das empresas participantes do consórcio que coordena o projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio.

*AES Eletropaulo is continuously working in order to improve the quality of services rendered to its clients. Along this process, new knowledge and technological breakthroughs are obtained and added to the company procedures, contributing to its reputation in the electric energy distribution sector.*

*Annually, as determined by ANEEL, the company uses 0.20% of its net operational income in projects for improving technical, commercial, and operational processes, in developing more efficient technologies, in reducing its environmental impact, in its employees' and outsourced employees' safety, and in promoting sustainable initiatives in the communities to which it renders services.*

*More than a regulatory requirement, AES Eletropaulo's Research and Development (R&D) department is an important tool in promoting ongoing improvements in the company services, with the quality and reliability expected by its clients. One of those projects is the Brazilian Fuel Cell Bus project, coordinated by a consortium of companies, of which AES Eletropaulo is one of the parties.*

## II. APOIO AO PROGRESSO E AO DESENVOLVIMENTO

As ações de responsabilidade socioambiental da AES Eletropaulo estão focadas no desenvolvimento de comunidades de baixa renda, no controle e redução dos impactos de suas atividades no meio ambiente e no estímulo ao uso seguro e consciente da energia elétrica.

Para conduzir suas operações conforme essas premissas, a companhia opera em consonância com o Sistema de Gestão Ambiental (SGA), criado em 1999 de acordo com a norma internacional ISO 14001:2004, e segue a Política de Meio Ambiente, Saúde e Segurança do Trabalho — aplicada a todas as companhias do Grupo AES no Brasil.

A AES Eletropaulo integra o consórcio de oito empresas que participam do projeto do primeiro ônibus com célula a combustível hidrogênio do Brasil, com emissão zero de

poluentes. Lançado oficialmente em 2006, o projeto consiste na aquisição, operação e manutenção de até cinco veículos, mais a estação de produção de hidrogênio e abastecimento dos ônibus, que serão utilizados no Corredor Metropolitano São Mateus/Jabaquara.

O projeto, com investimentos da ordem de US\$ 16 milhões, foi lançado em São Bernardo do Campo, pelo Ministério de Minas e Energia e pela Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (EMTU/SP). Trata-se de uma parceria do governo federal com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o Global Environmental Facility (GEF) e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep).

Em uma área do porte e concentração de veículos como a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a emissão de poluentes no ar torna-se um aspecto que impacta diretamente a qualidade de vida de seus habitantes. Por isso, a participação da AES

Eletropaulo neste projeto está em consonância com o seu comprometimento na busca de soluções energéticas inovadoras, de elevada eficiência e de baixo impacto ambiental.

Coube à distribuidora de energia fazer a especificação, design, aprovação e conexão da subestação elétrica na rede de distribuição de energia. Além disso, a empresa é responsável por assegurar a qualidade da energia e a disponibilidade da subestação até o ponto de fornecimento.

Devido às necessidades pontuais da subestação existente na atual edificação da EMTU, a AES Eletropaulo optou pela implementação de uma nova subestação, do tipo blindada, que foi montada junto à atual entrada de energia elétrica da EMTU. O projeto também contemplou a montagem de um cubículo de transformação próximo ao equipamento responsável pela eletrólise.



Protótipo do Ônibus a Hidrogênio, desenvolvido pelo consórcio de oito empresas.

Brazilian fuel cell bus prototype, developed by the eight-company consortium.

## II. SUPPORT TO PROGRESS AND DEVELOPMENT

AES Eletropaulo's social-environmental responsibility actions are focused in the development of low-income communities, in controlling and reducing its activities environmental impact, and in encouraging the safe and wise use of electric energy.

In order to attain such goals, the company acts in conformity with the Environmental Management System (SGA), created in 1999 according to the ISO 14001:2004 international standard, and with the Environmental, Health, and Labor Safety Policy—applicable to all AES Group companies in Brazil.

AES Eletropaulo is part of the eight-company consortium, which will design the first Brazilian fuel cell bus, with zero pollution emission. Officially announced in

2006, the project consists in purchasing, operating, and maintaining five vehicles and a hydrogen production and filling station for the buses, which shall be used in the São Mateus/Jabaquara Metropolitan Corridor.

The project, with a US\$ 16 million investment, was announced in the city of São Bernardo do Campo, by the Ministry of Mines and Energy and by the São Paulo Metropolitan Urban Transport Company (EMTU/SP). It is a partnership among the Brazilian federal government, the United Nations Development Program (UNDP), the Global Environmental Facility (GEF), and the Federal Foundation for the Brazilian Research and Development (Finep).

In an area with the size and number of vehicles found in the São Paulo Metropolitan Region (SPMR), the emission of pollutants into the air has a direct impact in its inhabitants' quality of life. In view of

this, the AES Eletropaulo participation in this project is in conformity with its commitment for searching groundbreaking, high-efficiency, and low environmental impact energy solutions.

This energy distributor was assigned to prepare the specifications, design, approval, and connection of the electric substation to the main electric network. Besides, the company is responsible for guaranteeing the energy quality and the substation availability to the supplying locations.

Due to the occasional use of the existing substation in the current EMTU building, AES Eletropaulo has decided to implement a new, shielded substation, which was installed next to the current electric energy intake point in the EMTU building. The project also included the installation of a transformer cubicle near the electrolysis equipment.



Trólebus reformado pela extinta CMTC e modelo atual

A trolleybus remodeled by the former CMTC and the current vehicle

No caso dos ônibus urbanos, a alternativa de emissão zero já existe há algum tempo: os trólebus existentes em diversos corredores da RMSP, movidos à eletricidade, não emitem qualquer tipo de poluente atmosférico. A primeira linha de bonde elétrico foi inaugurada em 7 de maio de 1900, ligando o largo de São Bento à Barra Funda. Foi um empreendimento da São Paulo Railway, Light and Power Company Ltd., que recebeu por transferência a concessão para, organizar, construir e operar linhas de bonde por tração elétrica para diversos pontos da cidade e seus subúrbios durante 40 anos.

Os primeiros auto-ônibus aparecem na cidade de São Paulo nos anos 20, como uma oferta complementar e alternativa ao bonde, que sofria as limitações de rede, energia e investimentos. O número de ônibus em São Paulo, em 1941, superou os mil, enquanto o de bondes manteve-se em 500. Assim, eram os ônibus que transportavam a maior parte dos passageiros. O sistema de bondes foi desativado em 1968, mas revitalizado nos anos 80, com inovações operacionais e tecnológicas promovidas pela antiga CMTC (Companhia Municipal de Transportes Coletivos) e atual SPTrans, como o Programa Trólebus. Portanto, a história do ônibus elétrico urbano na RMSP se confunde com a própria história e o desenvolvimento da AES Eletropaulo.

O atual sistema de Trólebus paulistano apresenta um raio de ação limitado, pois depende da existência de redes elétricas para o seu funcionamento. Isso inviabiliza a substituição completa da frota de veículos movidos a diesel, que não podem trafegar por corredores de alta demanda de transporte. Os veículos elétricos esbarram, portanto em um problema relacionado à transmissão da energia elétrica (no caso de estarem ligados a uma rede de transmissão) ou do seu armazenamento no próprio veículo, se for considerado o uso de baterias tradicionais, de elevado peso e volume em relação à capacidade de armazenamento, o que confere uma baixa autonomia

ao veículo. Dessa forma, a alternativa ideal seria a geração de eletricidade 'on-board'.

Um dos princípios que permite a geração de energia elétrica no próprio veículo é o sistema de célula a combustível hidrogênio, que utiliza um processo eletroquímico para combinar hidrogênio com oxigênio do ar, gerando energia elétrica e como sub-produto vapor d'água. O hidrogênio possui grande potencial como meio de estocagem, transporte e manipulação de energia, sendo estas propriedades bastante reconhecidas nos últimos anos.

In the case of urban buses, the zero emission alternative has existed for some time: the electrically-powered trolleybuses, found in several corridors in the SPMR, do not emit any kind of atmospheric pollutant. The first electric streetcar line was opened on May 7, 1900, connecting the São Bento square to Barra Funda. It was implemented by the São Paulo Railway, Light and Power Company Ltd., to which the grant for organizing, building, and operating electrically powered streetcar lines to several places within the city and its suburbs, during a 40-year period, was transferred.

The first autobuses started to serve the City of São Paulo in the 1920's, as a supplementary alternative to the streetcars, which were limited by the network, energy, and lack of investments. In 1941, the number of buses in São Paulo had grown to more than a thousand, while the 500-streetcar figure remained unchanged. Therefore, buses transported most of the passengers. The streetcar system was deactivated in 1968 but, in the 1980's, the former CMTC (Municipal Company of Collective Transportation), currently SPTrans, revived it by including operational and technological improvements and naming it the Trolleybus Program. Therefore, the story of the urban electric bus in the SPMR is interconnected with AES Eletropaulo's story and development.

The current São Paulo trolleybus system has a limited range, since it depends on the existing electric network for operating. Therefore, it is not feasible to replace all the diesel-powered vehicles, which cannot use corridors with high transportation demand. The electric vehicle, therefore, faces a problem related to the transmission of electric energy (in case of being connected to a power supply network) or to its storage in the vehicle itself (if conventional batteries are used). Such batteries, however, are heavy and large in comparison with its storage capacity, giving the vehicle a low operational range. Therefore, the ideal alternative would be generating electricity on-board.

One of the principles allowing for the on-board generation of electric energy is the hydrogen fuel cell, which uses an electrochemical process for combining hydrogen with oxygen from the air, generating electricity, as well as water vapor as a by-product. Hydrogen has a great potential for storing, transporting, and handling energy, and this properties have been widely known for some years.

### III. PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO POR ELETRÓLISE

O sistema elétrico brasileiro apresenta como particularidade grandes extensões de linhas de transmissão e um parque produtor de geração predominantemente hídrico. O mercado consumidor (47,2 milhões de unidades) concentra-se nas regiões Sul e Sudeste, as mais industrializadas. A região Norte é atendida de forma intensiva por pequenas centrais geradoras, a maioria termelétricas movidas a óleo diesel.

Ao longo das últimas duas décadas, o consumo de energia elétrica apresentou índices de expansão bem superiores ao Produto Interno Bruto (PIB), fruto do crescimento populacional concentrado nas zonas urbanas, do esforço de aumento da oferta de energia e da modernização da economia.

Entretanto, apesar da otimização do parque gerador de energia, existe a possibilidade de excessos de reserva hídrica, isto é, a água deveria ser turbinada, mas não o é em função da demanda naquele momento. Isso obriga a geradora a verter o excedente de água não utilizado.

Outra característica do sistema elétrico brasileiro é sua demanda diária, que se comporta de forma não uniforme ao longo do dia, formando a chamada 'ponta de carga' ou 'horário de ponta'. Em tese, a energia elétrica produzida fora do horário de ponta poderia ser armazenada para seu consumo no horário de ponta. Uma das formas de armazenamento de energia elétrica seria na forma de hidrogênio, obtido por eletrólise da água. Este, depois de purificado, pode ser armazenado e reconvertido em energia elétrica através de células a combustível.

A eletrólise da água é o processo eletroquímico de dissociação da água em hidrogênio e oxigênio por meio de reações químicas desencadeadas a partir de fonte eletromotriz (gerador). O aparelho no qual o hidrogênio é gerado é denominado eletrolisador, sendo necessários aproximadamente 4,4 kWh de energia elétrica para produzir 1 Nm<sup>3</sup> de hidrogênio, com eficiência de 81%.

Os eletrolisadores convencionais ainda são os mais utilizados, e podem ser de dois tipos: unipolar (tipo tanque) e bipolar (filtro prensa). Ambos são compostos por células individuais justapostas (cátodo e ânodo interligados), conectadas em paralelo, no tipo unipolar e em série no tipo bipolar.

O hidrogênio pode ser produzido por diferentes métodos, como por exemplo, a eletrólise direta da água. Este método utiliza células eletrolíticas alcalinas, que usam como eletrólito soluções de hidróxido de potássio ou sódio e operam a temperaturas moderadas (66 a 81 °C), possibilitando a produção de hidrogênio gasoso.

Portanto, a eletrólise da água permite converter energia elétrica em energia química armazenada na forma de hidrogênio. Esta energia pode ser convertida em eletricidade por meio de células a combustível ou motores de combustão interna. Como em qualquer processo de conversão de energia existem perdas em todas as etapas (produção, armazenamento e conversão). Esta prática permite modificar as curvas de carga dos usuários e a realocação de carga elétrica do horário de maior para o horário de menor demanda.

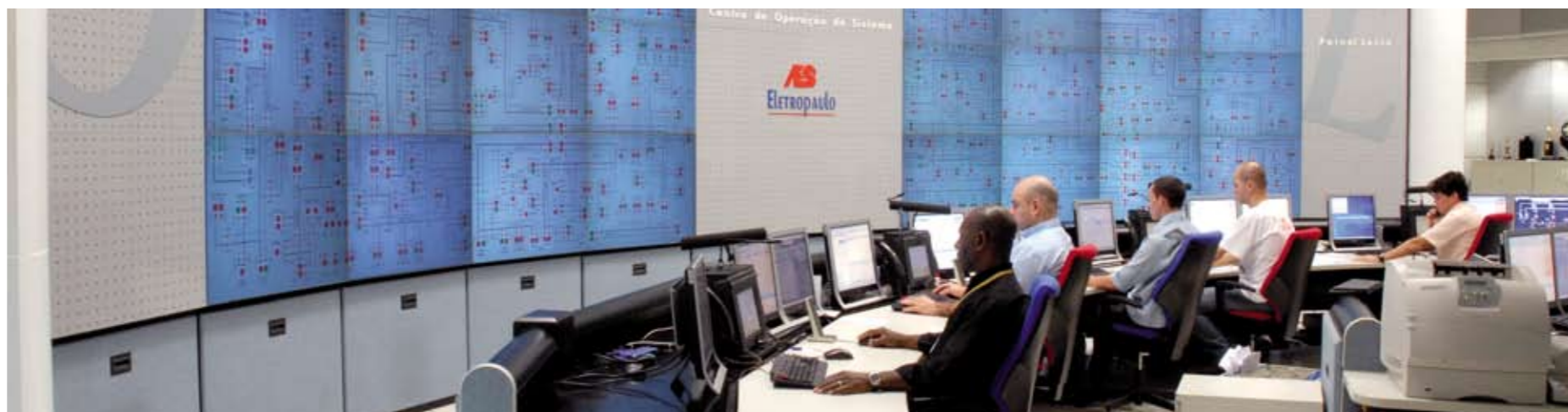
### III. PERSPECTIVES FOR PRODUCING HYDROGEN BY ELECTROLYSIS

*The Brazilian electric system is characterized by long-ranging transmission lines and a basically hydroelectric producing system. The consumer market (47.2 million units) is centered on the South and Southeast regions, the more industrialized ones. The North region is intensively addressed by small generating plants, most of them diesel-powered thermoelectric plants.*

*Along the last two decades, the expansion rate of the electric energy consumption was far superior to the Gross Domestic Product (GDP), in view of the population growth in the urban zones, the efforts for increasing the energy supply, and the economy modernization.*

*However, despite the optimization of the power generation network, there is always the possibility of hydric reserve surplus, that is, water that should be used to move turbines is not, in view of the demand in that specific moment. Because of this, the generating plant has to pour the unused water.*

*Another characteristic of the Brazilian electric system is that its daily demand is not uniform along the day, with some hours making up the so-called "peak hours". Theoretically, electric energy produced outside those high-consumption hours could be stored for consumption during them. Hydrogen produced by*



*Central de Operações da AES Eletropaulo: tecnologia de ponta para operar remotamente, com segurança e rapidez.*

*water electrolysis is one way of storing electric energy. After being purified, it can be stored and retransformed into electric energy by means of fuel cells.*

*Water electrolysis is an electrochemical process for dissociating water into hydrogen and oxygen by means of chemical reactions started by an electromotive source (generator). The device where hydrogen is produced is called an electrolyzer, and approximately 4.4 kWh of electric energy are necessary for producing 1 cu Nm of hydrogen, with an 81% efficiency.*

*Conventional electrolyzers are still the more widely used, and they may be of two kinds: unipolar (tank type) and bipolar (press filter). Both are made of individual juxtaposed cells (interconnected cathode and anode), parallel connected in the unipolar type and serial connected in the bipolar type. Hydrogen may be produced by different methods, such as, for example, direct water electrolysis. This method employs alkaline electrolytic cells, which use potassium or sodium hydroxide solutions as an electrolyte and operate at moderate temperatures (66 to 81 °C), making it possible to produce gaseous hydrogen.*

*Therefore, water electrolysis allows for the conversion of electric energy into chemical energy, stored as hydrogen. This energy can be converted back into electricity by means of fuel cells or internal combustion engines. As in any energy conversion process, losses occur in all stages (production, storage, and conversion). This process allows to modify the users' usage curves and to reallocate the electric charge from the high-demand to the low-demand hours.*

Em relação à geração hidráulica, pode-se estimar a eventual energia disponível para esta aplicação, tomando-se como exemplo o caso de Itaipu: cerca de 3% da energia vertida turbinável não é aproveitada para consumo, o que corresponde a 2,5 TWh/ano. Se todo o potencial hidráulico não explorado fosse a fio d'água e apresentasse o mesmo nível de aproveitamento de Itaipu, poderia se dispor de mais de 28 TWh/ano para produção de hidrogênio. O hidrogênio presta-se também ao armazenamento de energia excedente originada das fontes solar e eólica, cuja eletricidade pode ser utilizada para produção de hidrogênio através da eletrólise da água. Essa energia armazenada na forma de hidrogênio pode vir a ser comercializada tanto como combustível veicular quanto como energia elétrica para atender a demanda no horário de ponta.

A produção de hidrogênio para fins energéticos é praticamente inexistente no Brasil. Estima-se que esteja em 5.000 m<sup>3</sup>/ano, consumido totalmente nos projetos de demonstração. Os sistemas de eletrólise atuais não são competitivos e a reforma de gás natural só é viável economicamente em grande escala, adequada aos sistemas de muitos MW, mas não às plantas com células a combustível existentes hoje, abaixo de 400 kW. Por outro lado, a produção do hidrogênio a partir da reforma do etanol, gaseificação da biomassa e conversão biológica ainda encontra-se em fase inicial de desenvolvimento. O Ministério de Minas e Energia (MME) aponta que, para que se possa desenvolver o mercado de hidrogênio em ritmo que confira ao Brasil competitividade para aproveitar as oportunidades decorrentes da implantação da nova economia, as seguintes barreiras devem ser removidas:

- Desconhecimento da sociedade sobre as características, vantagens ambientais

e diversidade de aplicações do hidrogênio como vetor energético;

- Inexistência de marco regulatório para a produção, logística, comercialização e uso energético do hidrogênio; e,
- Inexistência da cadeia de suprimento do hidrogênio energético.

De acordo com o MME, no Brasil foram desenvolvidas plantas de pequena capacidade, com produção de até 25 m<sup>3</sup>/h de hidrogênio com eletrolisadores unipolares, e de até 50 m<sup>3</sup>/h com eletrolisadores bipolares, desenvolvidos nas décadas de 70 e 80, alguns deles ainda em operação. No momento existem projetos de demonstração sendo desenvolvidos por universidades e empresas de energia para a geração de hidrogênio eletrolítico para aplicações energéticas. O país conta também com plantas eletrolíticas importadas, que produzem hidrogênio com diversos fins industriais.

*Regarding the hydraulic generation, the virtual energy available for this application may be estimated taking as an example the Itaipu power plant: about 3% of the poured energy is not used for consumption, corresponding to 2.5 TWh/year. If all hydraulic, non-explored potential were at stream course and had the same utilization level as Itaipu, more than 28 TWh/year could be used for producing hydrogen. Hydrogen can also be used for storing the surplus energy produced by solar and wind plants, whose electricity may be used for producing hydrogen via water electrolysis. This energy stored as hydrogen can be marketed as vehicle fuel or as electric energy for supplying the demand in the peak hours.*

*Hydrogen production for energy purposes is virtually inexistent in Brazil. It is estimated to be 5,000 cu mt/year, totally used in*

*AES Eletropaulo Operations Center: state-of-the-art technology for safe and swift remote operation*

*demonstration projects. Current electrolysis systems are not competitive and natural gas transformation is economically feasible only in large scale, adequate to many MW systems, but not to currently existing fuel cell plants, with a less than 400 kW capacity. On the other hand, the hydrogen production from ethanol transformation, biomass gasification, and biological conversion are still in the initial development phases. The Ministry of Mines and Energy (MME) indicates that, in order to develop the hydrogen market at a place that will give Brazil the competitive edge coming from the implementation of the new economy, the following obstacles have to be removed:*

- Society lack of knowledge on the characteristics, environmental advantages, and diverse application of hydrogen as an energy carrier;
- Lack of a regulatory legislation for production, logistics, marketing, and energetic usage of hydrogen; and,
- Lack of a energetic hydrogen supply chain.

*According to the MME, in Brazil, small capacity plants were developed in the 1970's and 1980's, with a hydrogen production of up to 25 cu mt/h using unipolar electrolyzers, and up to 50 cu mt/h using bipolar electrolyzers, and some of this plants are still operational. Currently, demonstration projects for generating electrolytic hydrogen for energy purposes are being developed by universities and energy companies. Brazil also has imported electrolytic plants, which produce hydrogen for several industrial purposes.*



Há expectativa de que o processo de produção de hidrogênio por eletrólise seja utilizado para a produção de grandes volumes de hidrogênio, preferencialmente próximo a grandes consumidores finais dentro de regiões urbanas. O processo também poderá ser utilizado para equilibrar a produção de energia elétrica de fontes renováveis variáveis, em especial a energia solar fotovoltaica e a eólica, substituindo acumuladores eletroquímicos (baterias) em geração distribuída.

Para que essa visão se torne realidade, algumas barreiras econômicas e tecnológicas precisam ser removidas. Atualmente, o alto custo do hidrogênio eletrolítico decorre da instalação de equipamentos e insumos importados, e a falta de eletrolisadores bipolares convencionais e avançados do tipo bipolar. Há reduzida capacitação industrial na produção de equipamentos para a produção de hidrogênio eletrolítico no Brasil. Portanto,

o desenvolvimento de eletrolisadores e de purificadores de hidrogênio torna-se uma prioridade. Espera-se que para o aproveitamento de combustível hidrogênio para o transporte coletivo e frotas de transporte de carga urbanos, o abastecimento se dará através da própria infra-estrutura de distribuição elétrica (ou de alguma outra fonte energética local).

#### IV. COMENTÁRIOS FINAIS

Uma das alternativas mais promissoras para a produção de hidrogênio é por eletrólise da água. A AES Eletropaulo, através do projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio, contribui para a formação desta economia energética no cenário nacional. A tecnologia de eletrólise já é bem conhecida e comercialmente disponível como também este processo assegura hidrogênio livre de contaminantes. No Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio a

AES Eletropaulo é responsável pela: (i) especificação, design e aprovação da subestação elétrica; (ii) conexão da subestação elétrica na rede de distribuição; e, (iii) assegurar a qualidade de energia e disponibilidade da subestação elétrica até o ponto de fornecimento de acordo com as condições estabelecidas pela legislação e pelas normas brasileiras aplicáveis.

Portanto, o papel da empresa é fornecer energia elétrica e viabilizar a instalação de uma estação de abastecimento de hidrogênio gerado por eletrólise. Durante a elaboração deste projeto, técnicos da AES Eletropaulo acompanharam ensaios relativos a importantes equipamentos do ônibus a hidrogênio.



FOTOS: AGENCIAS ESTRETOPIA / ZAP/REUTERS, ARCHIVE/AES Eletropaulo

*It is expected that the process of hydrogen production via electrolysis comes to be used for producing large volumes of hydrogen, preferably near large final consumers, within urban areas. The process may also be used for balancing the electric energy produced by variable renewable sources, especially photovoltaic solar energy and wind energy, replacing electrochemical accumulators (batteries) in distributed generation.*

*For this scenario to come true, some economic and technologic obstacles have to be removed. Currently, the high cost of electrolytic hydrogen comes from the installation of imported equipment and inputs, and from the lack of conventional bipolar and of advanced bipolar electrolyzers. In Brazil, the industrial capacity for producing electrolytic*

*hydrogen generating equipment is reduced. Therefore, a priority is developing hydrogen electrolyzers and purifiers. In order to use hydrogen as a fuel in the mass transportation system and the urban cargo transportation fleets, the supply would have to take place through the very electric distribution infrastructure (or through some other local energy source).*

#### IV. FINAL REMARKS

*One of the more promising alternatives for producing hydrogen is via water electrolysis. AES Eletropaulo, through the Brazilian Fuel Cell Bus project, contributes for developing this energy economy in the national scenario. The electrolysis technology is widely known and commercially available, and this process also assures contaminant-*

*free hydrogen. In the Brazilian Fuel Cell Bus project, AES Eletropaulo is responsible for: (i) the specifications, design, and approval of the electric substation; (ii) connection of the electric substation with the distribution network; and, (iii) assuring the energy quality and the availability of the electric substation to the supplying location according to the requirements found in the law and in the applicable Brazilian standards.*

*Therefore, the company role is supplying electric energy and installing electrolysis generated hydrogen filling station. During this project development, AES Eletropaulo technicians were present during trials related to important hydrogen bus equipment.*



#### V. BIBLIOGRAFIA / BIBLIOGRAPHY

LANGENBUCH, JUERGEN RICHARD. A estruturação da Grande São Paulo. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 1971.

LOPES, MIRIAM B.P.O. Pequena História dos Transportes Públicos. Companhia Municipal dos Transportes Coletivos. São Paulo, 1985.

MME. Roteiro para a Estruturação da Economia de Hidrogênio no Brasil, 2005.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO - Intervenção no transporte. Secretaria Municipal dos Transportes. Companhia Municipal de Transportes Coletivos. São Paulo, 1984.

- Próxima parada, o futuro. Revolução nos transportes. Secretaria Municipal dos Transportes. Companhia Municipal dos Transportes Coletivos. São Paulo, 1993.

SANTOS JUNIOR, A. C. F. Análise da viabilidade econômica da produção de hidrogênio em usinas hidrelétricas: estudo de caso em ITAIPU. Dissertação de Mestrado, Biblioteca

Itaipu Binacional, CDU 621.311.21, 2004. SILVA, ENNIO PERES da. Introdução à Tecnologia e Economia do Hidrogênio, Editora da UNICAMP, 1991.

SOUZA, SAMUEL NELSON MELEGARI. Aproveitamento da Energia Elétrica Secundária para Produção de Hidrogênio Eletrolítico. Tese de Doutorado, Planejamento Energético/FEM/UNICAMP, 1998.

STIEL, WALDEMAR CORRÊA. História dos Transportes Coletivos em São Paulo. Editora Universidade de São Paulo. Editora McGraw - Hill do Brasil. São Paulo, 1978.



# HYDROGENICS E A ESTAÇÃO DE ABASTECIMENTO PARA O PROJETO ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO

## HYDROGENICS AND THE HYDROGEN FUELING STATION FOR BRAZILIAN FUEL CELL BUS PROJECT



### 2 - EMPRESAS MEMBROS DO CONSÓRCIO

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

HYDROGENICS

FORNECEU EQUIPAMENTOS E COMPETÊNCIA TÉCNICA E TRABALHA JUNTO COM A PETROBRAS DISTRIBUIDORA E A AES ELETROPAULO NA PREPARAÇÃO E INSTALAÇÃO DA ESTAÇÃO DE ABASTECIMENTO, NO COMISSONAMENTO E TREINAMENTO, GARANTINDO UMA OPERAÇÃO SEGURA E DE QUALIDADE.

### 2 - COMPANIES MEMBERS OF THE CONSORTIUM

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

HYDROGENICS

SUPPLIED THE ELECTROLYSER, COMPRESSION, STORAGE AND DISPENSER EQUIPMENT AND TECHNICAL EXPERTISE FOR THE HYDROGEN STATION, AND WORKS TOGETHER WITH PETROBRAS DISTRIBUIDORA AND AES ELETROPAULO TO ENABLE SITE PREPARATION, INSTALLATION, COMMISSIONING AND TRAINING FOR MAINTENANCE AND SAFE OPERATION OF THE HYDROGEN STATION.



#### MOVIDOS POR UMA VISÃO

Na Hydrogenics somos movidos por uma visão de um futuro completamente diferente – um futuro onde as novas tecnologias de energia não somente contribuem para um meio-ambiente mais saudável e uma melhor qualidade de vida global, mas também superam a capacidade das tecnologias de energia de hoje para atender necessidades e expectativas. Estamos motivados com as oportunidades que nossa tecnologia representa e ansiosos para alcançar seus extensos impactos de mercado na aplicação comercial nas áreas de transporte, geração de energia estacionária e portátil.

“Nossa visão de futuro é equilibrada por uma estratégia de negócios pragmática, a qual está focada em fazer funcionar sistemas de célula a combustível e hidrogênio para os mercados atuais em potencial. Nossa plataforma de tecnologia em expansão posiciona a Hydrogenics como líder de mercado na introdução de hidrogênio e célula a combustível com produtos cem por cento operacionais e comerciais, começando com os mercados mais arrojados e pioneiros de hoje”, diz Daryl Wilson, Presidente e CEO da Hydrogenics. “Nosso objetivo é atender os mercados globais como o primeiro fabricante bem sucedido de sistemas de célula a combustível e hidrogênio com liderança e inovação comprovadas. Até então, nós conquistamos um time de alto-calibre de gerentes, designers, engenheiros e equipes de apoio, que juntos asseguraram a posição da Hydrogenics como líder mundial em produtos de célula a combustível e hidrogênio.”

#### DRIVEN BY A VISION

*At Hydrogenics we are driven by the vision of a dramatically different future – a future where new energy technologies not only contribute to a healthier environment and a better global quality of life, but also surpass the capabilities of today's incumbent energy technologies across a range of energy needs and expectations. We are excited by the opportunities our technology represents and are eager to realize its far-reaching impact through commercial applications in transportation, stationary and portable power markets. “Our vision of the future is balanced by a pragmatic business strategy that is focused on making hydrogen and fuel cell systems work for today's revenue-generating fuel cell markets. Our expanding technology platform positions Hydrogenics as a world leader in the introduction of hydrogen and fuel cells into fully-operational, commercial products, starting with today's early adopting markets,” says Daryl Wilson, Hydrogenics President and CEO. “Our goal is to serve global markets as the first profitable manufacturer of hydrogen and fuel cell systems with a proven record of leadership and innovation. To this end, we have attracted a high-caliber team of managers, designers, engineers and support staff that together are securing Hydrogenics' position as a world leader in hydrogen and fuel cell products.”*



FOTOS: /PHOTOS ©2019 Hydrogenics Operation

## PRODUTOS DE HIDROGÊNIO PARA HOJE E AMANHÃ

Todos os dias na Hydrogenics conseguimos vivenciar o entusiasmo e o potencial de nossa tecnologia. Nós a vemos, nós a sentimos e nós a respiramos. E nós sabemos que ela representa o nosso futuro.

Na Hydrogenics estamos concentrados em oferecer aos nossos clientes os melhores produtos de célula a combustível e hidrogênio, levando as tecnologias de nossa propriedade aos mercados-chave selecionados. Nós posicionamos a Hydrogenics como "A Empresa de Hidrogênio Express" oferecendo uma linha abrangente de produtos com uma variedade de opções tecnológicas que atendam ambas as necessidades de clientes para hidrogênio como fonte de energia e hidrogênio industrial.

A Hydrogenics Corporation é líder global no desenvolvimento de soluções de energia limpa, acelerando a Economia de Hidrogênio, através da comercialização de produtos de célula a combustível e hidrogênio. A empresa tem um portfólio de produtos e infra-estrutura para servir aos mercados de hoje e do futuro. A empresa ganhou reconhecimento de clientes-chaves por ter desenvolvido soluções inovadoras com competência, solidez e extenso conhecimento e habilidade na integração de sistemas.

As nossas duas áreas de negócios incluem:

- Sistemas de Geração de Hidrogênio local - geração de hidrogênio turnkey e sistemas de abastecimento para uma grande variedade de aplicações de hidrogênio. Os sistemas de geração de hidrogênio Modular HySTAT™, baseados na eletrólise da água, produzem hidrogênio em configurações múltiplas para atender diversas necessidades das áreas industrial e de energia.

- Sistemas de Célula a Combustível – produtos de célula a combustível com foco especial em módulos de potência integrados e unidades de célula a combustível híbridas. Módulos de célula a combustível com membrana (PEM) intercambiadora de prótons HyPM® para aplicações em mobilidade, geradores backup e unidades de potência HyPX para aplicações em empilhadeiras.

## HYDROGEN PRODUCTS FOR TODAY AND TOMORROW

*Every day at Hydrogenics we get to experience the excitement and potential of our technology. We see it, we feel it, we breathe it. And we know it is our future.*

*At Hydrogenics we are focused on offering customers the best hydrogen and fuel cell products by leveraging our proprietary technologies across select target markets. We have positioned Hydrogenics as the "Hydrogen Go To Company" by offering a comprehensive suite of products with a range of technology choices that meet the needs of both hydrogen energy and industrial hydrogen customers. Hydrogenics Corporation is a leading global developer of clean energy solutions, advancing the Hydrogen Economy by commercializing hydrogen and fuel cell products. The company has a portfolio of products and capabilities serving the hydrogen and energy markets of today and tomorrow. The Company has gained recognition from key customers for developing innovative solutions through solid hands-on competency and comprehensive system integration knowledge and skills.*

*Our two core areas of business include:*

- *OnSite Hydrogen Generation Systems - turnkey hydrogen generation and refuelling systems for a full range of hydrogen applications. Modular HySTAT™ hydrogen generation systems, based on water electrolysis, provide onsite hydrogen in multiple configurations to meet varied industrial and energy needs.*

- *Fuel Cell Power Systems - fuel cell power products, with particular focus on fully integrated power modules and fuel cell hybrid power packs. HyPM® proton exchange membrane (PEM) fuel cell power modules for mobility and backup power applications and HyPX Power Packs for forklift applications.*

Módulos de potência de célula a combustível HyPM-HD-XR

HyPM-HD-XR Fuel Cell Power Modules



FOTOS / PHOTOS ©2009 Hydrogenics Corporation

Estas áreas de negócios contribuem para nossa habilidade em oferecer soluções inovadoras para nossos clientes, incluindo:

- Montadoras (OEMs) que estão introduzindo hidrogênio e célula a combustível em seus produtos e serviços de alta tecnologia
- Usuários finais de Gás industrial e Empresas Comerciantes de Gás
- Integradores de Sistemas
- Programas de Demonstração de Tecnologia (tipicamente financiados por governos e consórcios)

A Hydrogenics fornece sistemas de geração de hidrogênio local para as empresas líderes mundiais de gás industrial, incluindo: Air Liquide, Air Products, e BOC/ Linde. Outros clientes-chaves em aplicações de abastecimento são por exemplo: General Motors (GM), Toyota, Chevron, Shell, John Deere, Dow Corning, Itochu Corporation of Japan, e o Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio em São Paulo, Brasil.

## PRODUTOS E ATIVIDADES

Eletrolisadores para a produção de hidrogênio estão disponíveis em 4 modelos:

Modelo de Eletrolisador	Quantidade de Hidrogênio
HySTAT™-10	10 Nm3/h
HySTAT™-15	15 Nm3/h
HySTAT™-30	30 Nm3/h
HySTAT™-60	60 Nm3/h

### Características:

Pressão:..... 10 bar

Pureza: ..... 99.998%

Eficiência:.... 5.2 kWh/Nm3 de H2 produzido

Tipo:..... Alcalino (30% wt KOH na água)



Stack unitário (10 ou 15 Nm3/h)  
Single Stack (10 or 15 Nm3/h)



Stack duplo (30 Nm3/h)  
Dual Stack (30 Nm3/h)



Stack quadruplo (60 Nm3/h)  
Quadruple Stack (60 Nm3/h)

*These areas of business contribute to our ability to provide innovative energy solutions for our clients including:*

- *Original equipment manufacturers (OEMs) who are introducing hydrogen and fuel cell capabilities into their advanced technology products and services*
  - *Industrial gas end-users and merchant gas companies*
  - *System integrators*
  - *Technology demonstration programs (typically government or consortia sponsored)*
- Hydrogenics supplies on-site hydrogen generation systems to the world's leading industrial gas companies including Air Liquide, Air Products, and BOC/ Linde. Other key customers in fueling applications include General Motors (GM), Toyota, Chevron, Shell, John Deere, Dow Corning, Itochu Corporation of Japan, and UNDP Fuel Cell Bus Project in Sao Paulo, Brazil.*

## PRODUCTS AND ACTIVITIES

Electrolyzers for production of hydrogen are available in four models:

Electrolyser Model	Hydrogen output
HySTAT™-10	10 Nm3/h
HySTAT™-15	15 Nm3/h
HySTAT™-30	30 Nm3/h
HySTAT™-60	60 Nm3/h

### Characteristics:

Pressure: ..... 10 barg

Purity: ..... 99.998%

Efficiency: ..... 5.2 kWh/Nm3 of H2 produced

Type: ..... Alkaline (30% wt KOH in water)

## EXPERIÊNCIA ADQUIRIDA ATRAVÉS DO PROJETO ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO

O Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio é único pois envolve um grupo de empresas, membros do consórcio, de diferentes países, sendo eles: Brasil, Estados Unidos, Canadá, e Europa, cada um com sua própria área de especialização e responsabilidade por uma determinada atividade do projeto, todos com a mesma intenção: implementar com sucesso o Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio. O projeto usa energia hidroelétrica para gerar hidrogênio, sendo assim uma solução "verde". Ao se envolver neste projeto a Hydrogenics desenvolveu relacionamentos com fornecedores locais e empresas contratadas para realizar os serviços de instalações elétricas e mecânicas, ganhou experiência sobre as leis locais e aprofundou seu conhecimento sobre a cultura brasileira e o idioma português. Os parceiros brasileiros do consórcio tem dado excelente apoio durante a implementação deste projeto.



Sistema de Compressão Hydrogenics

Hydrogenics Compression System

FOTOS / PHOTOS ©2009 Hydrogenics Corporation

## SOLUÇÕES TÉCNICAS USADAS NO PROJETO ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO

Semelhante aos esforços coordenados do Consórcio, necessários para desenvolver e implementar este projeto, a estação de abastecimento fornecida envolveu esforços coordenados entre a Hydrogenics na Bélgica e em Mississauga, no Canadá. Esta estação de abastecimento de hidrogênio usando o sistema de eletrolisador HySTAT-A 60 Nm<sup>3</sup>/h, foi o primeiro a ter todos os seus sub-sistemas integrados, usando uma plataforma PLC comum para controlar tanto o eletrolisador produzido na Bélgica, quanto: o compressor, o sistema de tanques de armazenamento e o dispenser (CSD) produzidos na fábrica de Mississauga no Canadá.

O nível de ruído proveniente da hélice super-dimensionada do radiador do sistema de refrigeração do compressor foi necessário ser reduzido através de vedadores de ruído e substituindo o motor existente por um motor de velocidade variável, operando a uma velocidade baixa.



Módulo de Armazenamento de Hidrogênio Hydrogenics

Hydrogenics Storage Module



A Estação de Abastecimento para o Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio

The Fueling Station for the Brazilian Fuel Cell Bus Project

## EXPERIENCE ACQUIRED THROUGH THE BRAZILIAN FUEL CELL BUS PROJECT

The Brazilian Fuel Cell Bus Project is unique in that it involves a team of consortium members from different countries including Brazil, USA, Canada, & Europe, each with their own area of expertise and responsibility for a certain part of the project, all coming together with one intention: to have a successful Fuel Cell Bus Project in Brazil. The project utilizes hydro-electric energy to generate hydrogen fuel, thus making this a "green" solution. By engaging in this project, Hydrogenics has developed relationships with local suppliers and contractors for electrical and mechanical work, gained experience with Brazilian governmental regulations and has deepened its understanding of Brazilian culture and language. The Brazilian Consortium partners have provided excellent support throughout the project.

## TECHNICAL SOLUTIONS USED FOR THE BRAZILIAN FUEL CELL BUS PROJECT

Similar to the coordinated Consortium effort required to develop and complete this project, the fueling station supplied involved a coordinated effort between Hydrogenics' facilities in Belgium & Mississauga. This was the first 60 Nm<sup>3</sup>/h HySTAT-A electrolysis-based hydrogen fueling station to have all its sub-systems fully integrated. It uses a common PLC platform to control both the electrolyser manufactured at our Belgium facility and the compression, storage and dispensing (CSD) system manufactured at our Mississauga facility.

The noise level from the oversized coolant radiator fan at the compression skid needed to be mitigated by noise dampeners and by replacing the existing motor with a variable-speed drive motor, operating at lower speed.

Estação de Abastecimento de Hidrogênio HySTAT™ do Projeto CUTE em Estocolmo, Suécia.

HySTAT™ Hydrogen Refueling Station—CUTE Project in Stockholm, Sweden.



HySTAT-60 em um container de 40 f para o Projeto Ônibus Brasileiro a Hidrogênio

HySTAT-60 in a 40-ft container—on the UNDP Project



## RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO PROJETO ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO

Nenhum resultado está disponível até o momento, pois a estação de abastecimento estará funcionando dentro de aproximadamente 6 meses.

## DADOS E INFORMAÇÕES TÉCNICAS DOS PRODUTOS E SERVIÇOS USADOS NO PROJETO ÔNIBUS BRASILEIRO A HIDROGÊNIO

A estação de abastecimento fornecida é o eletrolisador HySTAT-A 60 Nm<sup>3</sup>/h (120 kg/d) electrolyser a 10 bar de pressão. A capacidade de geração é suficiente para abastecer 3 ônibus por dia. O sistema de compressão eleva a pressão para 430 bar (6,250 psig), os 6 tanques de armazenamento de alta pressão tem capacidade de 72 kg, quantidade suficiente para abastecer um ônibus, e o dispenser foi desenhado para atender ao Protocolo 6.1 da California Fuel Cell Partnership CaFCP.

## O FUTURO DO HIDROGÊNIO – UMA VISÃO DA INDÚSTRIA

Nosso futuro sistema de energia global promete ser diferente do que aquele que conhecemos hoje – este será baseado amplamente em novas fontes de energia e novas tecnologias. Um esforço mundial está se formando para entender de onde a energia do futuro virá, e que tipo de tecnologia e infra-estrutura deverão ser desenvolvidas para chegarmos lá. Além disso, a realização destes esforços depende de nós e as novas fontes de energia e novas tecnologias devem obedecer a critérios de sustentabilidade em benefício das futuras gerações. Hidrogênio e célula a combustível estão destinados a representar um papel importante neste sistema de energia do futuro. O hidrogênio não somente representa por si próprio uma atrativa solução de energia,

mas também representa uma tecnologia viável que pode extrair o potencial completo de outras tecnologias renováveis, como por exemplo solar e eólica. Adicionalmente o hidrogênio pode ser produzido de várias fontes – aliás praticamente todas as regiões do mundo têm algum meio de produzir este combustível do futuro.

Existem muitas pessoas que acreditam que o hidrogênio e as tecnologias de célula a combustível estão ainda muito longe de serem comercialmente viáveis. As razões mais frequentemente citadas são altos custos, durabilidade não comprovada, e a falta de infra-estrutura de hidrogênio. O porquê destas razões se dá principalmente devido ao fato da grande atenção do mercado estar focada no grande mercado automobilístico. As pessoas tendem a deixar passar despercebidas oportunidades que poderiam ser viabilizadas em outros mercados

menores, os quais têm o potencial de adotar as tecnologias de hidrogênio e célula a combustível mais cedo. Penetrando efetivamente nestes mercados menores com volumes sucessivos de produtos, o caminho para os grandes mercados em potencial poderia se tornar mais claro.



Sistema de Potência Back-up Bell Telecom

Bell Telecom Back-up Power System

## RESULTS OBTAINED THROUGH BRAZILIAN FUEL CELL BUS PROJECT

No results are available at this time, as the fueling station will be available for use in the next 3 to 6 months.

## DATA AND TECHNICAL INFORMATION OF THE PRODUCTS AND SERVICES USED IN THE BRAZILIAN FUEL CELL BUS

The fueling station supplied is a HySTAT-A 60 Nm<sup>3</sup>/h (120 kg/d) electrolyser at 10 barg pressure. The generating capacity is enough to fill 3 buses per day. The compression system boosts the pressure to 430 barg (6,250 psig), the 6 high pressure storage vessels of capacity 72 kg store enough hydrogen to fill a bus, and the dispenser is designed to meet California Fuel Cell Partnership CaFCP 6.1 Protocol.

## THE FUTURE OF HYDROGEN - INDUSTRY OVERVIEW

Our future global energy system promises to be a very different one from the one we know today – we will rely greatly on new energy sources and technologies. A world-wide effort is underway to understand where our future energy will come from, and to develop the technologies and infrastructures to get there. What's more, the realization is with us that new energy sources and technologies must meet meaningful sustainability criteria for the sake of future generations.

Hydrogen and fuel cells are destined to play an important part in this future energy system. Not only does hydrogen offer a compelling energy solution on its own, but it also represents an enabling technology that can extract the full potential from other renewable energy technologies, such as wind

and solar. In addition, hydrogen fuel can be produced from many sources – in fact, almost all regions of the world have some means of making this fuel of the future.

There are many who believe that hydrogen and fuel cell technologies are still far from being ready for commercial markets. The reasons most commonly cited are high cost, unproven durabilities, and lack of hydrogen infrastructure. This belief exists in large part because a great deal of attention has always been focused on the huge automobile market. People tend to overlook the earlier opportunities that are presenting themselves in other smaller markets that have potential to be viable early adopters of hydrogen and fuel cells. By effectively engaging and penetrating these early adopting markets with increasing volumes of product, the path to tomorrow's larger commercial markets is becoming clearer.

## IMPULSIONADORES DA INDÚSTRIA

Acredita-se que as tecnologias de Hidrogênio e Célula a Combustível irão impactar profundamente a vida do século 21.

Isto devido ao diversificado potencial das tecnologias de hidrogênio e célula a combustível de fornecerem energia para automóveis, ônibus, trens, barcos, computadores pessoais, equipamentos de comunicação e outros produtos de consumo da vida moderna, que usam eletricidade. O tamanho geral do mercado de célula a combustível pode de fato crescer acima do mercado de computadores, microchips, e software, desenvolvendo uma indústria com potencial de crescimento sem precedentes.

A razão para o tremendo potencial comercial das tecnologias de hidrogênio e célula a combustível está baseada nos inúmeros benefícios inerentes a estas tecnologias.

Quatro fatores chaves que impulsionam a indústria, têm o potencial de impactar profundamente no crescimento da indústria de hidrogênio e célula a combustível:

- Preocupação crescente sobre a mudança de clima e poluição do meio-ambiente.
- Desejo crescente de reduzir a dependência de importação de petróleo.
- Crescimento das regulamentações da indústria de energia.
- Crescente investimentos em atividades relativas à tecnologia de célula a combustível por empresas bem capitalizadas, as quais fazem altas apostas na tecnologia emergente de hidrogênio.

## INDUSTRY DRIVERS

Hydrogen and fuel cells are expected to profoundly impact life in the 21st century.

This is because of the pervasive potential of hydrogen and fuel cells to power automobiles, buses, trains, boats, personal computers, communication equipment and other power-consuming appliances of modern-day living. The overall market size for fuel cells may in fact grow beyond that of computers, microchips, and software, evolving into an industry of unprecedented growth potential.

The reason for the tremendous commercial potential of hydrogen and fuel cells lies in the numerous benefits inherent to the technology.

Four key industry drivers have the potential to profoundly impact the growth of the hydrogen and fuel cell industry:

- Escalating concern over climate change and environmental pollution.
- Increased desire to reduce our reliance on foreign oil supplies.
- Increasing global deregulation of the energy industry.
- Increasing fuel cell investment and activity by well-capitalized companies who have high stakes in the emergence of hydrogen technology.

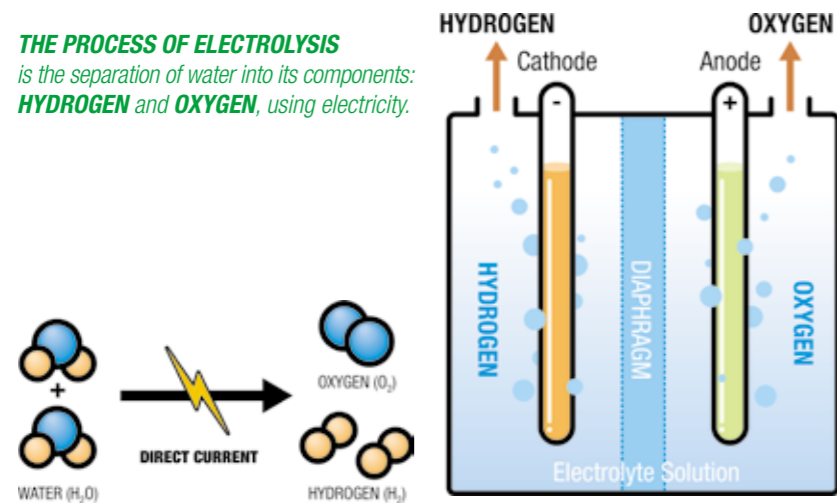


FOTOS / PHOTOS ©2009 Hydrogenics Corporation

Torre de Comunicação

Cell Communication Tower

**THE PROCESS OF ELECTROLYSIS**  
is the separation of water into its components: **HYDROGEN** and **OXYGEN**, using electricity.



## HYDROGENICS...

### Mudando a Energia, Energizando a Mudança

Reconhecida como 'Empresa de Hidrogênio Express' a Hydrogenics é um participante chave em diversos projetos a nível mundial de demonstração de tecnologias de hidrogênio e célula a combustível. Estes projetos correspondem a diversos propósitos, mas "aprendizado" é o mais importante de todos eles. Muitos envolvem parceiros chave e investidores da indústria, governo, instituições e universidades. Isso porque os resultados e benefícios destes projetos vão muito além das áreas de desenvolvimento de códigos e regulamentações e políticas governamentais, construindo uma força de trabalho do futuro envolvendo mercados chave e criando consciência por parte do público.

## HYDROGENICS...

### Changing Power, Powering Change

As a globally-recognized 'Hydrogen Go To' company, Hydrogenics is a key participant in many of the world's ground-breaking hydrogen and fuel cell demonstrations and deployments. These projects serve many purposes, but learning is at the core of all of them. Many involve key partners and stakeholders from industry, government and academia. As such, the outcomes and benefits are far-reaching in such areas as the development of codes and standards and government policy, building a future workforce, engaging key future markets and raising awareness of the public.

146

## PROPRIEDADES DO HIDROGÊNIO

### Hidrogênio – O que é isso?

Hidrogênio é o mais simples e mais comum elemento do universo. É 14.5 vezes mais leve que o ar e não existe naturalmente como gás hidrogênio, mas sim como parte de uma composição, onde é ligado a outros elementos. Por exemplo, é encontrado na água (H<sub>2</sub>O) e em hidrocarbonetos como gás natural (CH<sub>4</sub>). Para produzir hidrogênio puro, temos que quebrar as moléculas químicas que formam essas substâncias.

As propriedades do hidrogênio o tornam uma substância de grande serventia para uma ampla gama de aplicações. O hidrogênio tem sido usado com segurança na indústria por muitas décadas no processo de fabricação de muitos produtos domésticos comuns, como por exemplo: vidro, margarina, sabão e até pasta de dente. Agora no emergente mercado de hidrogênio para a geração de energia, estamos percebendo o potencial do hidrogênio como um combustível limpo para aplicações em veículos de célula a combustível, ou de motores de combustão interna, os quais estão sendo modificados para operar com hidrogênio.

O hidrogênio é um excelente combustível devido a diversas razões. O hidrogênio contém mais energia que qualquer outro combustível, comparando massas iguais – Em outras palavras, um quilograma de hidrogênio contém mais energia, que pode ser liberada, do que um quilograma de qualquer outro combustível. Por exemplo, um quilograma de hidrogênio tem o mesmo teor energético que um galão de gasolina. Além de ser claro e sem odor, não é tóxico, nem corrosivo, nem carcinogênico, portanto não representa nenhum fator prejudicial ao meio-ambiente.

## HYDROGEN PROPERTIES

### Hydrogen – What is it?

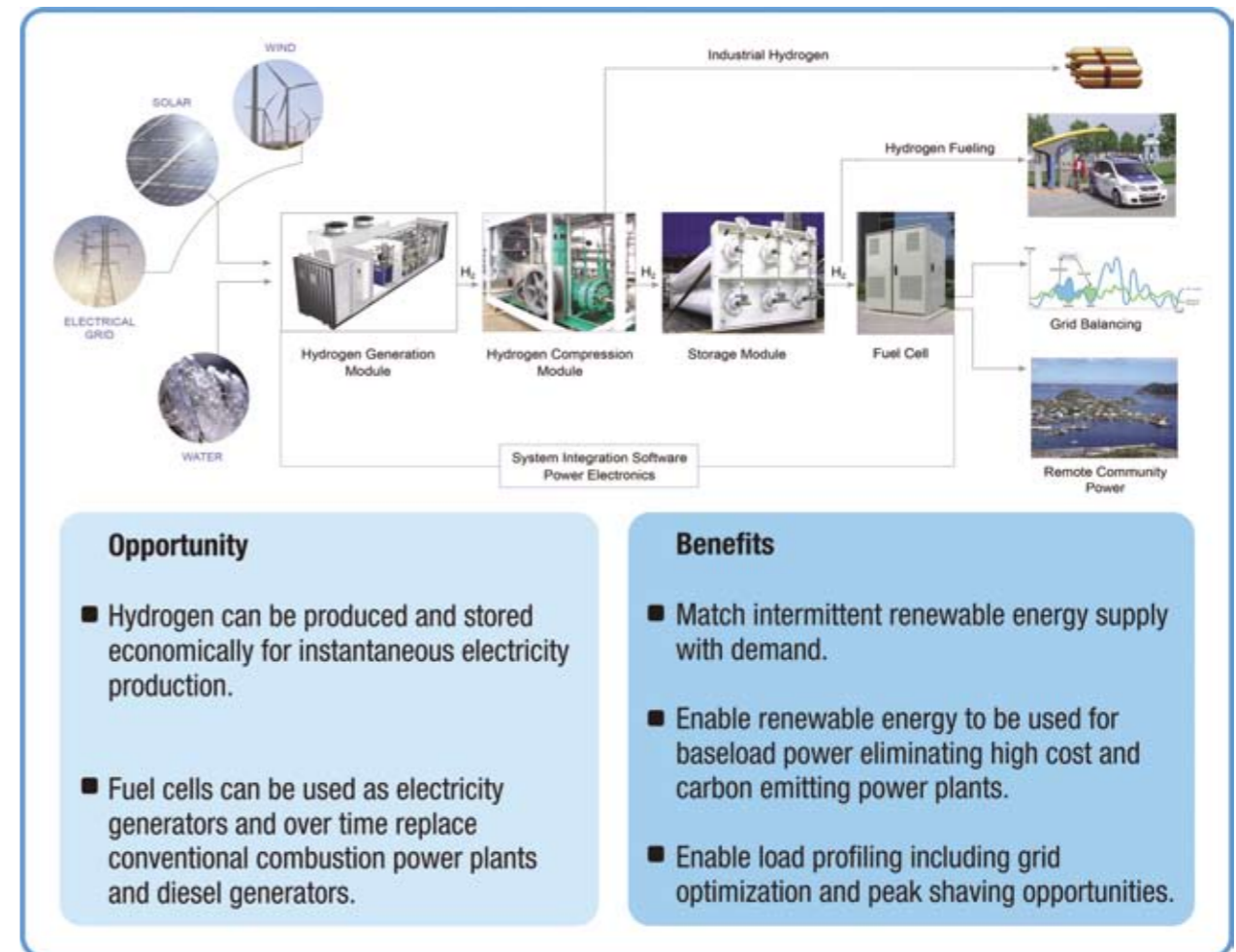
Hydrogen is the simplest and most common element in the universe. It is 14.5 times lighter than air and does not naturally exist as hydrogen gas but rather as part of a compound where it is bonded to other elements. For example, it is found in water (H<sub>2</sub>O) and in hydrocarbons such as natural gas (CH<sub>4</sub>). To produce pure hydrogen we have to 'unlock' the chemical bonds in the molecules that form these substances.

Hydrogen properties have made it a very useful substance for a wide range of applications. Hydrogen has been used safely in industry for many decades in the manufacturing processes of many common household products, for example: glass, margarine, soap, and even toothpaste.

Now, in the emerging hydrogen energy market we are realizing the potential of hydrogen as a clean burning fuel for fuel cell vehicles and appliances, or internal combustion engines that have been modified to operate on hydrogen.

Hydrogen is an excellent fuel for several reasons. Hydrogen contains more energy than any other fuel on an equal mass basis – in other words, one kilogram of hydrogen contains more releasable energy than one kilogram of any other fuel. For example, one kilogram of hydrogen has very close to the same energy content as one gallon of gasoline. In addition to being clear and odorless, it is non-toxic, non-corrosive and non-carcinogenic, therefore it doesn't have any adverse effects on the environment.

147



### Opportunity

- Hydrogen can be produced and stored economically for instantaneous electricity production.
- Fuel cells can be used as electricity generators and over time replace conventional combustion power plants and diesel generators.

### Benefits

- Match intermittent renewable energy supply with demand.
- Enable renewable energy to be used for baseload power eliminating high cost and carbon emitting power plants.
- Enable load profiling including grid optimization and peak shaving opportunities.

O Sistema de Armazenamento de Energia com Hidrogênio

The Hydrogen Energy Storage System

## ONDE A HYDROGENICS SE ENCAIXA: Energia Renovável em Comunidades Remotas

Muitas comunidades em volta do mundo estão isoladas da rede elétrica e são dependentes de uma combinação de geradores a diesel para ter energia elétrica em sua comunidade. Aproveitar a energia elétrica de fontes renováveis disponíveis, assim como a hidroelétrica, é uma excelente abordagem, no entanto a geração de energia elétrica é limitada pelas intermitências do vento ou das águas do rio. Durante o período de baixo vento ou de baixo nível da água dos rios, a comunidade fica dependente de geradores a diesel para ter eletricidade.

Introduzir o armazenamento de hidrogênio nestas comunidades permite o armazenamento do excesso de vento ou das águas do rio e o uso quando for necessário, possibilitando as fontes renováveis de fornecer uma maior porcentagem de energia elétrica consumida pelas comunidades.

### VOCÊ SABIA?

Fontes de energia renovável que proporcionam energia limpa e sustentável têm no momento custos competitivos, mas limitados a sua inerente instabilidade e produção sazonal de energia

Os eletrolisadores Hydrogenics são conectados às fontes de energia renováveis para produzir hidrogênio durante períodos de baixa demanda de energia e usar o hidrogênio armazenado em um sistema de célula a combustível para produzir eletricidade em períodos de pico de demanda. Instalando um gerador a hidrogênio com emissão zero e um sistema de armazenagem, a comunidade ganha um aumento na porcentagem de energia gerada através de fontes renováveis. A crescente penetração e fontes renováveis irá levar a um decréscimo na dependência do diesel como combustível. Reduzindo a dependência do diesel, se reduz seus custos, além de se ter um sistema de geração de energia elétrica limpo, que não prejudica o meio-ambiente.

### WHERE HYDROGENICS FITS IN: Renewable Energy in Remote Communities

*Many communities around the globe are isolated from the main electrical grid and are dependent on a combination of diesel generated electric power for their community. Harnessing the power of available renewable resources, such as wind and hydro, is an ideal approach, however power generation is limited by the wind or river's inherent intermittency. During periods of low wind or low river flow, the community is dependent on diesel generators to provide power. Introducing hydrogen energy storage technologies to the community allows excess wind and hydro power to be stored and redeployed when needed, enabling the renewable resource to supply a greater percentage of the community's power requirements*

### DID YOU KNOW?

*Renewable energy sources which provide clean and sustainable energy are now cost competitive but limited by their inherent variability and seasonal energy production.*

*Hydrogenics electrolyzers are powered by renewable resources to produce hydrogen during periods of low energy demand and use the stored hydrogen in a fuel cell to produce electricity in times of peak demand. By adding zero-emission hydrogen generation, storage, and power regeneration, the community gains an increase in the proportion of electricity derived from renewable resources. This increased penetration of renewable resources will lead to a decreased dependence on diesel fuel. Reducing the dependence on diesel reduces costs, while providing a clean environmentally friendly power system.*



Usina Remota de Turbina Eólica

Remote Wind Turbine Site

FOTOS: / PHOTOS ©2009 Hydrogenics Corporation

## ONDE A HYDROGENICS SE ENCAIXA: SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA BACKUP EM SISTEMAS CRÍTICOS

Sistemas corporativos e industriais de funções críticas, como por exemplo redes de comunicação e armazenamento de dados, sistemas financeiros, etc., exigem um sistema de geração de energia back-up para evitar quedas e falhas de alto custo. Essa demanda criou um mercado prêmio para a geração de energia back-up (UPS) para manter importantes centros de bancos de dados e de telecomunicação funcionando por períodos extensos, se for necessário. Tradicionalmente, as empresas contam com a incômoda combinação de baterias e geradores a diesel, a qual deixa a desejar. As baterias oferecem somente um backup a curto-prazo, enquanto os geradores queimam o diesel, que é caro e prejudicial ao meio-ambiente. Hoje, os produtos de célula a combustível de hidrogênio estão surgindo como uma solução atrativa de armazenamento de energia, permitindo um back-up de energia com uma boa relação custo-benefício.

### VOCÊ SABIA?

Baterias back-up perdem descarga mesmo quando não estão em uso, e permitem somente back-up de curta duração, enquanto os geradores a diesel são prejudiciais ao meio-ambiente.

Parceiros da Hydrogenics se uniram a provedores como a American Power Conversion (APC), líder mundial em fornecimento de soluções de geradores back-up (UPS) para redes de infra-estrutura críticas, para fornecer soluções atrativas de geradores back-up à célula a combustível de hidrogênio, os quais oferecem extensão de energia elétrica confiável com ciclo de vida de baixo custo. O HyPM XR permite potência escalonável e opções de voltagem para garantir fornecimento de energia elétrica ininterrupta para redes com demanda AC e DC em ambientes de centros de dados e telecomunicação.



Data Centre – Back-up Power

### WHERE HYDROGENICS FITS IN:

*Backup Power Systems in Critical Systems Mission-critical corporate and industrial systems such as voice and data communications networks, financial systems, etc., demand dependable back-up power to avoid costly outages. This has created a premium power market for uninterrupted power supply (UPS) to keep critical data centers and telecommunications up and running, for extended periods if necessary. Traditionally, companies have relied on a cumbersome combination of batteries and diesel generators that fall short of extended run*

*needs. Batteries offer only short-term backup, while generators burn costly and environmentally damaging diesel fuel. Today, hydrogen fuel cell products are emerging as a compelling energy storage solution, providing cost-effective and dependable extended-run back-up power.*

### DID YOU KNOW?

*Back-up batteries lose their charge even when not in use, and provide only short-duration backup power, while diesel generators contribute to environmental damage.*

*Hydrogenics partners with providers such as American Power Conversion (APC), a world-leading supplier of UPS solutions in critical network infrastructure, to deliver compelling hydrogen fuel cell backup power solutions that provide reliable extended-run backup power at a lower life-cycle cost. The HyPM XR provides scalable power and voltage options to guarantee uninterrupted power supply for demanding AC and DC dependent networks in data centers and telecommunications environments.*