

TRABALHO DE PEA2597

Uso de células a combustível e de sistemas híbridos no transporte rodoviário

Bernhard Gruber
Victor Acevedo Blanco

Professor: Jose Aquiles Baesso Grimoni

Índice

Introdução

1 Célula de Combustível

1.1 Por que Hidrogênio ?

1.2 Historia

1.3 Como funciona a célula combustível

1.4 Tecnologias de Produção

1.5 Armazenamento de hidrogênio

1.6 Células Combustíveis na Rodoviária

1.7 Rendimento

1.8 Resumo

2. Híbridos

2.1 Por que

2.2 Tipos

2.3 Em Carros

2.4 Ônibus

2.5 Resumo

Fonte

Apêndice

Introdução

Estamos enfrentando agora uma época de mudança. Por séculos os humanos usavam aos combustíveis fósseis, sem pensar nos efeitos na terra e ao futuro das próximas gerações. Agora já se vê os resultados. Havia guerras sobre petróleo, tem o aquecimento da terra, o CO₂ está afetando o meio ambiente e as cidades enfrentam problemas graves com o “SMOG”.

Uma grande parte dessa situação tem a ver com o transporte rodoviário. A gente usa a gasolina sem pensar que o petróleo vai se acabar.

Uma grande culpa dessa situação tem a ver com a indústria de petróleo e os políticos. Evitam a verdade que o petróleo não é para sempre. Em vez de procurar e investigar em fontes novas seguem em procurar mais combustíveis fósseis com formas novas, como gás de xisto, ou usar petróleo profundo, que tem muito mais risco, como vimos na catástrofe do Golfo.

Esse trabalho vai tratar de duas formas, como ao futuro do transporte rodoviário. Também vai falar sobre os problemas atuais.

1 Célula de Combustível

1.1 Por que Hidrogênio ?

Portador

O hidrogênio não é uma fonte de energia, é um portador. E é potencialmente um portador de energia abundante, limpo, seguro e flexível.

Em o passado já aconteceram muitos acidentes com transporte de petróleo, com grandes impactos ao meio ambiente dos mares. Hidrogênio tem potencialmente a característica de ser muito mais seguro nesse aspecto.

Armazenamento

Como tem mais e mais gente na terra, e o mundo vai precisar mais e mais energia, estamos procurando por novas fontes de energia.

Desde *Fukushima*, Energia Nuclear, estamos pensando outra vez em fontes renováveis. A Alemanha por exemplo não vai a usar energia nuclear no futuro.

Mas a grande desvantagem de fontes renováveis é que só produzem em certas vezes, o vento no caso de eólico, o sol no caso de solar.

Até agora não tem formas baratas e com altos rendimentos para armazenar a energia.

Então, um cenário do futuro pode ser que essa energia, que não está se usando no momento, vai ser usado para produzir hidrogênio, que será uma bateria ideal.

Transporte

Usar hidrogênio com células combustíveis pode ajudar a reduzir as emissões de dióxido de carbono e de outros poluentes.

1.2 Historia

O efeito de gerar energia elétrica com um agente oxidante e um agente redutor, como ao contrário das baterias, foi descoberto em 1838 de *Christian Friedrich Schönbein*.

Depois muitos químicos e cientistas fizeram projetos e experimentos com esse efeito.

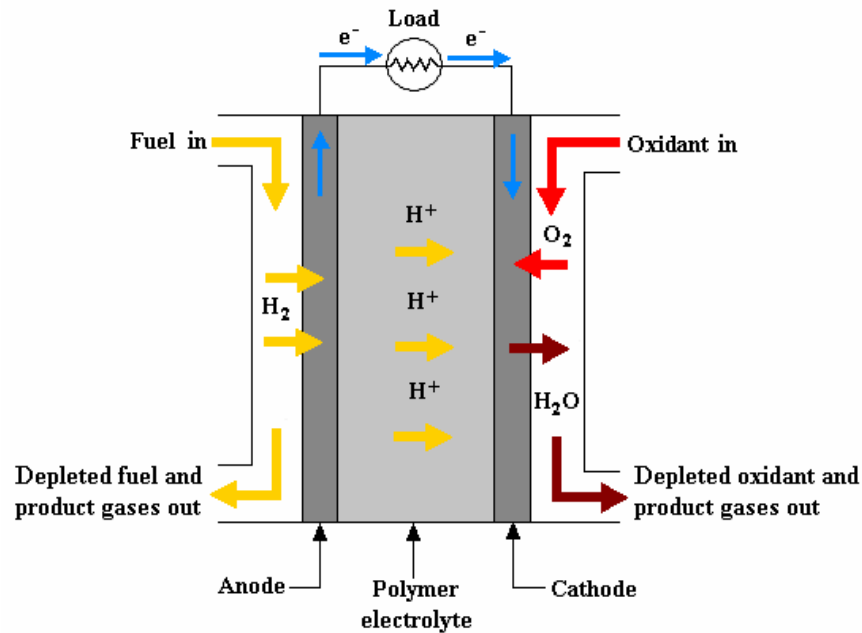
Jules Verne tinha grande esperança, que o hidrogênio pode substituir os combustíveis fósseis, e disse:

”A água é o carvão do futuro. A energia de amanhã é a água que foi decomposta por uma corrente elétrica. Os elementos assim decompostos de água, hidrogênio e oxigênio, vão assegurar a alimentação de energia da terra para um futuro indeterminado”

Jules Verne 1870

1.3 Como funciona a célula combustível

Uma célula de combustível é uma célula eletroquímica que usa Hidrogênio como combustível para gerar energia elétrica.



Fonte: Case Western Reserve University, Electrochemistry Encyclopedia

No lado do “ânodo” o hidrogênio flui para o catalisador onde é dividido em prótons e elétrons. Os prótons são conduzidos através da membrana para o “catodo” e os elétrons são forçados a percorrer um circuito externo (fornecendo força) porque a membrana é isolada eletronicamente. No “catodo” as moléculas de oxigênio reagem com os elétrons (que chegam pelo circuito externo) para formar água. O único produto neste caso é água.

Em outras palavras: Usando Hidrogênio como célula combustível para gerar energia elétrica.

Até agora, o sistema de celular combustível parece ótimo. Usando Hidrogênio, gerar energia elétrica, e o único “poluente” é água.

O capítulo seguinte vai a explicar, por que o visão de Jules Verne que não é a realidade hoje.

1.4 Tecnologias de Produção

Se a gente falar sobre celular combustível como o futuro, muita vezes não pensam em que o hidrogênio tem que ser produzido de alguma forma.

Temos as tecnologias seguintes

- Electrólise
- Oxidação Parcial(POX)
- Separação com Vapor(SMR)
- Gasificação de Biomassa
- Ciclos Termoquímicos
- Produção Biológica

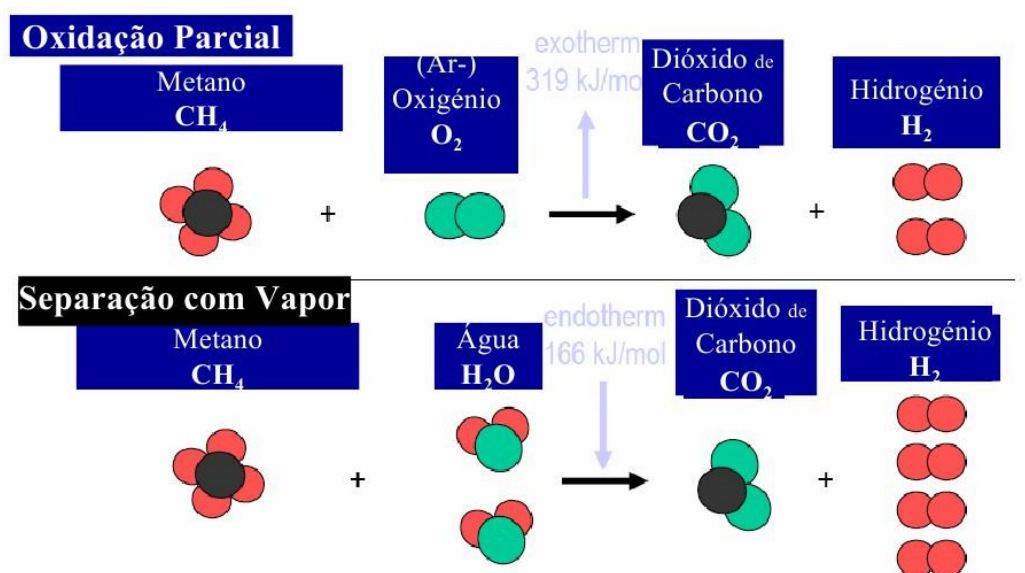
Electrólise

A Electrólise é usar Energia elétrica para separar os moléculas de H₂O em H₂ e O.

A vantagem disso é que pode-se usar fontes renováveis de energia elétrica e isso pode ajudar resolver aos problemas de armazenamento de energia geradas por eles.

O desvantagem é, que o rendimento máximo desse processo é 70%.

Oxidação Parcial(POX) e Separação com Vapor(SMR)



Fonte: Dep. Engenharia Eletrotécnica, Universidade de Coimbra

O POX e o SMR são muito parecidos. Os dois usam metano para produzir Hidrogênio. E o resultado dos dois é dióxido de carbono.

Ao diferencia entre os dois é, que POX é uma reação exotérmica, significa, que também ganha calor, que poderia ser usado por um gerador de vapor, mas produz menos hidrogênio. SMR é endotérmico, significa, que usa de energia para funciona, mas produz mais hidrogênio.

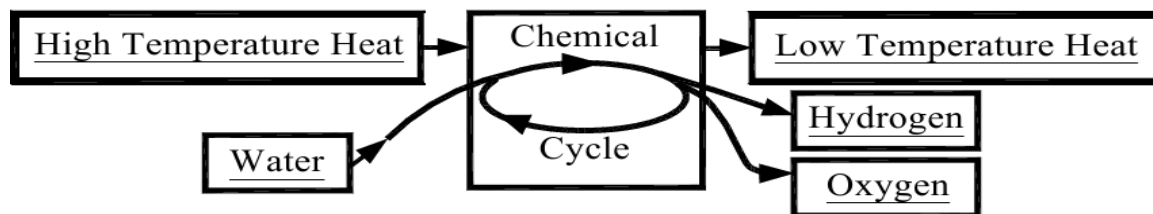
Os desvantagem são, que funcionam com Metano, que normalmente vem de gás natural, uma fonte fóssil, e produz CO2. Então as vantagens do uso de H2 no carro, que seria não produzir CO2, estaria prejudicada pelo método de produção do H2.

Gasificação de Biomassa

O processo de gasificação/pirólise pode ser usado para gerar hidrogênio. A biomassa tem de ser sujeita a um processo de alta temperatura e pressão. A decomposição e oxidação parcial da biomassa produz uma mistura de gases rica em hidrogênio.

Ou problema é que o rendimento é muito baixo.

Ciclos Termoquímicos



Fonte: Chemical Department, University of Copenhagen

Pode-se usar energia térmica, por exemplo do sol, para produzir hidrogênio. Como mostra a figura acima: Água junto com alta temperatura entra em um ciclo químico e os resultados são hidrogênio, oxigênio e temperatura baixa.

As desvantagem agora é que economicamente não é viável e não temos essa quantidade de energia, aqui, em forma de alta temperatura, para esse processo ser rentável.

Mas esse processo tem muito potencial para ser usado, mas poderá ser uma forma mais barata no futuro.

Produção Biológica

Tem dois principais organismos produtores de hidrogênio: algas e bactérias. Os dois utilizam enzimas para gerar hidrogênio em condições anaeróbicas. Mas até agora só existe essa forma de gerar hidrogênio em laboratórios.

1.5 Armazenamento de Hidrogênio

O Hidrogênio pode ser na forma de gás ou fluido.
Para os dois tanques especiais ou tubos, são obrigatórios.

Gás

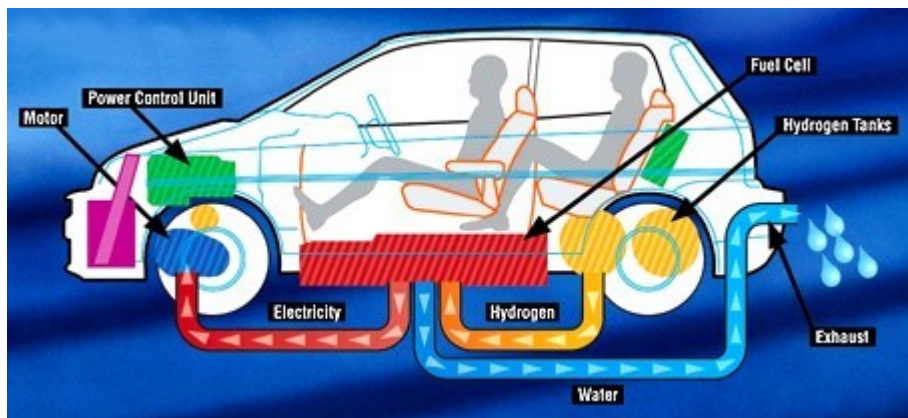
O rendimento é melhor se o hidrogênio está na forma de gás. O problema é, que usa-se de muita pressão para que não ocupar muito espaço, exemplo, um tanque de carro. Então, dentro de um carro terá um tanque com uma pressão super alta, sendo extremamente perigoso ter carros com esses tanques.

Fluido

O hidrogênio na forma liquido é mais fácil de transportar, e mais fácil de se trocar. Geralmente, é mais fácil trabalhar com fluido, ocupar menos espaço, e com muito menos pressão do que na forma de gás.
Mas hidrogênio em forma liquida, tem temperaturas tipicamente de -255° graus.

1.6 Células Combustíveis na Rodoviária

Carros



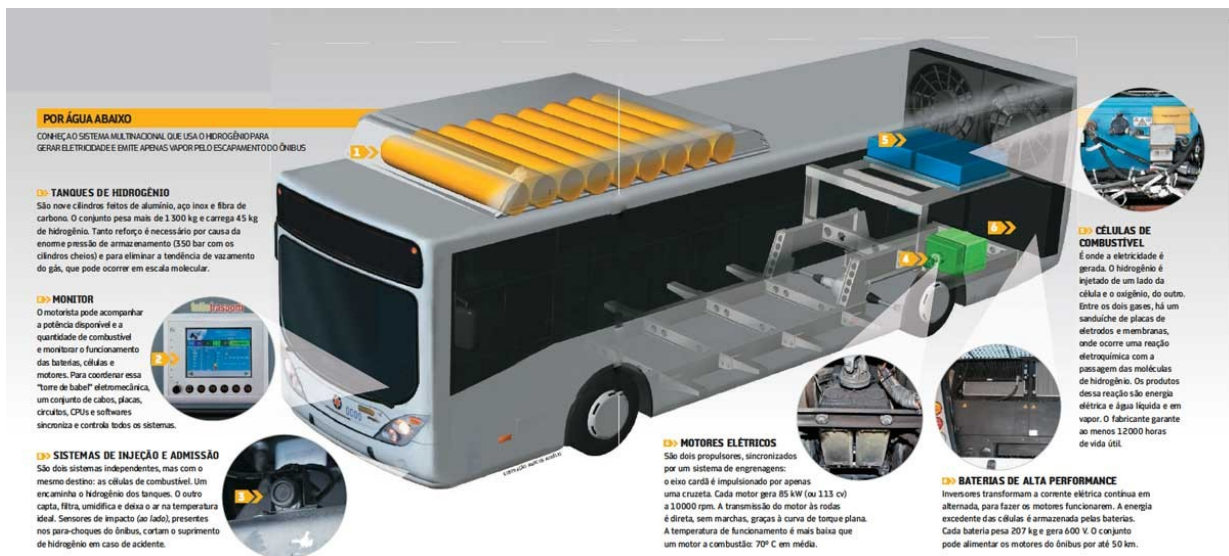
Fonte: www.greencar.com

Princípio

As Células de Combustível usa energia e essa energia alimentará um motor elétrico. O combustível é hidrogênio, que esta armazenado na um tanque especial, os resíduos serão água.

Quase todos os fabricantes grandes tem protótipos que são experimentados, com carros de células combustíveis, mas só tem um carro de HONDA, que esta vendido na publico na realidade, só foram produzidos 200.

Ônibus



Fonte: <http://planetasustentavel.abril.com.br>

Células de Combustível nos ônibus funcionam da mesma forma que em um carro. O Hidrogênio vem de um tanque, a célula de combustível gera energia elétrica, e com essa energia o motor elétrico move o ônibus.

Tem um projeto em São Paulo

O primeiro ônibus nacional movido a hidrogênio tráfegar no Corredor Metropolitano ABD (São Mateus – Jabaquara).

O projeto de construções de ônibus a hidrogênio no Brasil é uma iniciativa do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e conta com a parceria da EMTU (Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos, de São Paulo), a GEF (*Global Environment Facility*) e da FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos).

Agora funciona o primeiro de quatro ônibus a hidrogênio previstos no projeto e tráfegar no Corredor Metropolitano ABD (São Mateus – Jabaquara).

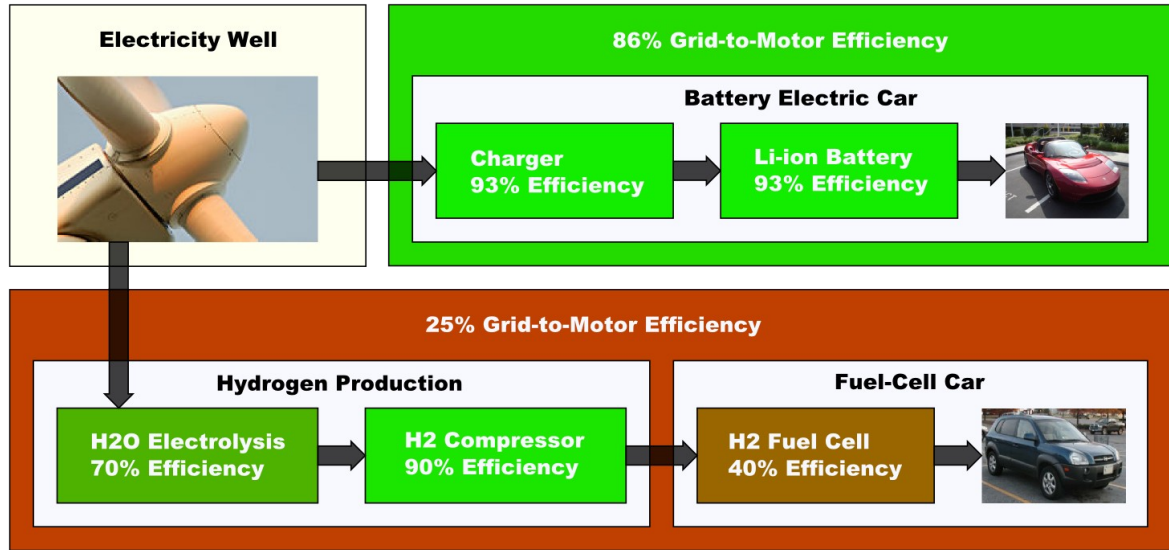
Protótipos:

Tem muitos projetos, em qual estão fazendo pesquisas sobre o uso de células de combustível em outros sistema de transporte.

- Trem
- Avios
- Barcos
- Submarino

Mas nenhum desses sistemas funcionais são produzidos industrialmente, apesar de ser possível sua construção.

1.7 Rendimento

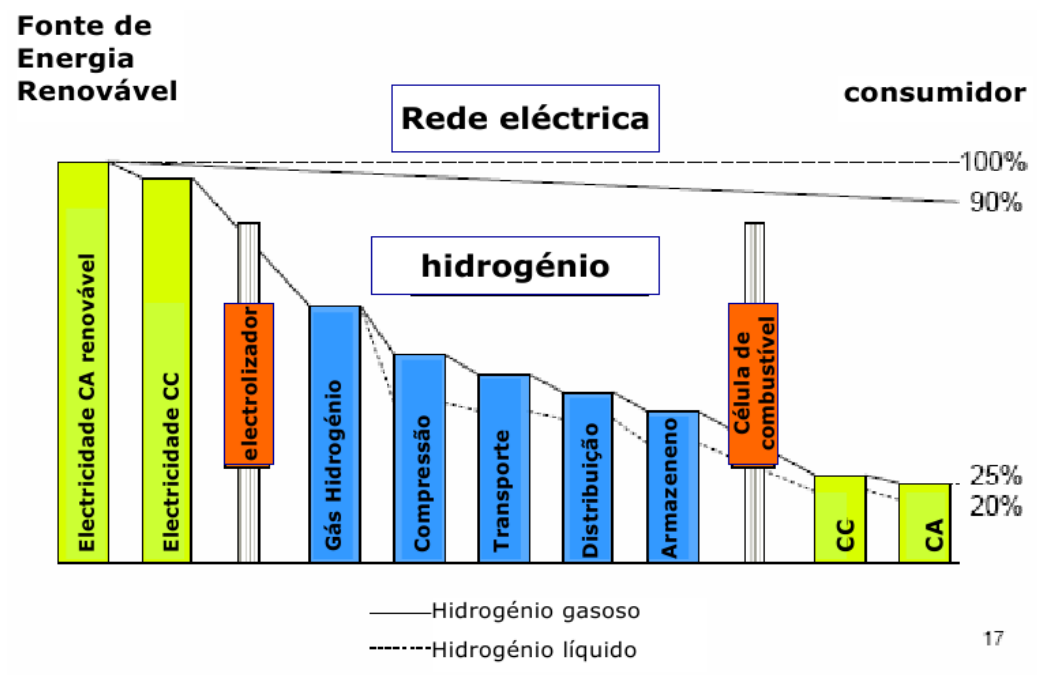


Fonte: Dep. Engenharia Electrotécnica, Universidade de Coimbra

Esse gráfico mostra a comparação de uso energia elétrica para um carro e o uso da energia elétrica para produzir Hidrogênio com eletrolise para um carro com uma célula combustível.

Ao rendimento rede-motor para um carro elétrico é 86%, para um carro com célula combustível é 25%.

E isso é uma problema grave, porque realmente usa energia elétrica para produzir hidrogênio e para compressa-lo, e tem um rendimento baixo na produção. E o rendimento de célula combustível no uso e muito baixo, com 40%. E todas essas transformações são para gerar energia para um motor elétrico.



Fonte: Dep. Engenharia Electrotécnica, Universidade de Coimbra

O outro gráfico mostra o mesmo problema, com mais detalhes. E também o rendimento com hidrogênio em forma de gás é mais alto, mas existe o problema com a super pressão.

1.8 Resumo

Uma sumarização sobre estes problemas dito pelo Prof. Goodstein – No filme “*A Crude Awakening*” - ele comenta que vamos ter muitas problemas, quando o petróleo acabar, tendo que procurar alternativas, mas:

“A economia agora é que usamos o equivalente a 3-6 litros para produzir hidrogênio suficiente para conduzir um carro a mesma distância que um galão de gasolina iria dirigi-lo

Assim, a economia do hidrogênio neste momento não faz sentido”

David L. Goodstein,
Vice-Provost, Professor of Physics,
California Institute of Technology

2 Híbrido

Híbrido significa, que o automóvel tem um motor a combustão e um motor elétrico.

2.1 Por que

O razão de usar as duas formas é, que um motor a combustão normalmente trabalha com rendimentos baixos. O motor de combustão trabalha com alta rendimento, e o motor elétrico faz o trabalho, quando o motor de combustão trabalharia com baixa rendimento, que seria no tráfico na cidade, e isso reduz o consumo e as emissões.

Em híbridos modernos, a energia vinda dos freios é aproveitada.

2.2 Tipos

Há três tipos:

- Nos primeiros automóveis híbridos o motor a explosão é responsável pela locomoção do automóvel e o elétrico era um auxílio extra para melhorar o desempenho do mesmo. Este tipo é bastante usado em automóveis de pequeno porte e é conhecido como híbrido-paralelo.
- Outro método utilizado é o motor elétrico ser responsável pela locomoção do automóvel, sendo que o motor a explosão apenas movimenta um gerador responsável por gerar a energia necessária para o automóvel se locomover e para carregar as baterias. Geralmente automóveis de grande porte utilizam esse sistema, conhecido como híbrido-série
- O terceiro é o sistema híbrido misto, que combina aspectos do sistema em série com o sistema paralelo, que tem como objetivo maximizar os benefícios de ambos. Este sistema permite fornecer energia para as rodas do veículo e gerar eletricidade simultaneamente, usando um gerador, diferentemente do que ocorre na configuração paralela simples. É possível usar somente o sistema elétrico, dependendo das condições de carga. Também é permitido que os dois motores atuem de forma simultânea.

Plug-In

Significa, que há um sistema serial, que conecta a bateria e o motor a combustão, então o motor de combustão trabalha quando o automóvel está em alta velocidade ou quando a bateria descarrega.

2.3 Em Carros

Comparação entre Carros Híbridos e Carros de Combustão

A Tabela abaixo compara sempre dois carros com forcas parecidos

Car	Cost	Difference	City L/100km	HW L /100km	AVG L/100km
Civic LX	\$25,170	–	8,2	5,7	6,95
Civic Hybrid	\$29,200	\$4,030	4,7	4,3	4,5
Corolla LE	\$24,665	–	7,4	5,6	6,5
Prius	\$32,866	\$8,201	4	4,2	4,1
Ford Escape (f)	\$30,226	–	10,3	7,7	9
Escape Hybrid	\$35,119	\$4,893	5,7	6,7	6,2
Camry LE	\$30798	–	9,5	6,2	7,85
Camry Hybrid	\$36191	\$5,393	5,7	5,7	5,7

Fonte: ADAC Hybrid Bericht, Ausgabe 2008

Pode-se ver, que no trafico na cidade, o consumo e muito menos quando usa-se do sistema hibrido.

O carro mais vendido

O carro de sistema hibrido “*Toyota Prius*” que foi vendido mais de 2.4 milhões vezes em todo o mundo seu maior mercado é os EUA.

Em Brasil

Desde Abril 2010 Mercedes Benz S400 com um custo de R\$426.000

Desde Nov 2010 Ford Fusion Hybrid com um custo de R\$133.900

A partir 2012 Toyota vai a empezar vender o Prius em Brasil.

2.4 Ônibus

Ao sistema hibrida tem muita potencial nos Ônibus também, como usam velocidade baixas e estão presentes nas cidade, que é um território mais aproveitada dos Híbridos.

Os Ônibus híbridos estão usados por muitas países no mundo. (ver em Apêndice)

Tem muitas fabricantes, como MAN (Alemão), Mercedes (Alemão), Elétra (Brasil), Orion Bus Industries (EUA) e muitas mais.

Um Exemplo de Alemanha:

Em Dresden, já usam 19 Ônibus de Tipo “Solaris Urbina 18“, e esta planificado usar mais.

2.5 Resumo

Os Híbridos podem ajudar a diminuir o consumo de gasolina e diesel, sobre todo por o trafico na cidade. É uma grande vantagem usar Ônibus Híbridos nas cidades.

Os Híbridos não irão resolver o problema de verdade, e então precisa-se continuar a busca por outras fontes de combustível para o uso nos tráficos. Mas é uma tecnologia de ponte.

Fonte

Celdas Combustible
Luz Stella Quintero Rangel
Universidad Autononoma de Bucaramanga

Fuel Cell Systems Explained
James Larminie
Oxford Brookes University, UK

Hidrogénio - Células de Combustível
Aníbal Traça de Almeida
ISR – Universidade de Coimbra , Dep. Engenharia Electrotécnica

Thermical Productions of Hydrogen
Lars Soern
University of Copenhagen, Chemical Department,

Case Western Reserve University, Electrochemistry Encyclopedia

Filme
A Crude Awakening/The Oil Crash
Basil Gelpke e Ray McCormack
Suíça 2006

ADAC Hybrid Bericht, Ausgabe 2008, Germany

Analysis of electric drive technologies for transit applications”, US Department of Transportation

<http://depatisnet.dpma.de/ipc/>

www.greencar.com

<http://planetasustentavel.abril.com.br>

<http://www.hybrid-autos.info>

Aapêndice

Fonte: "Analysis of electric drive technologies for transit applications", US Department of Transportation"

Which Countries uses Hybrid-Busses

North America

United States

- ABQ RIDE (Albuquerque, New Mexico)
- Ann Arbor Transportation Authority (AATA) (Ann Arbor, Michigan)
- Autoridad Metropolitana de Autobuses (San Juan, Puerto Rico)
- Bee-Line Bus System (Westchester County, New York)
- Berks Area Reading Transportation Authority (Berks County, Pennsylvania)
- Bloomington Transit (Bloomington, Indiana)
- Broome County Transit (Broome County, New York)
- Capital Area Transportation Authority (Lansing, Michigan)
- Capital District Transportation Authority (Albany, New York)
- Central New York Regional Transportation Authority (Syracuse, New York)
- Charlotte Area Transit System (Charlotte, North Carolina)
- Chatham Area Transit (Savannah, Georgia)
- Chicago Transit Authority
- Citibus (Lubbock).
- Central Ohio Transit Authority (Columbus, Ohio)[8]
- Citilink (Fort Wayne, Indiana)[9]
- CVTD Cache Valley Transit District (Logan, Utah)
- DART First State (Delaware)
- Durham Area Transit Authority (Durham, North Carolina)
- Eureka Transit Service (Eureka, California)
- Greater Lafayette Public Transportation Corporation (Lafayette, IN)
- Hillsborough Area Regional Transit (Hillsborough County, Florida)
- Howard Transit, (Howard County, Maryland)
- Kanawha Valley Regional Transportation Authority
- King County Metro Transit Authority (Seattle, Washington)
- Lane Transit District (Lane County, Oregon)
- Long Beach Transit (Long Beach, California)
- LACMTA (Los Angeles, California)
- Madison Metro Transit (Wisconsin)
- Massachusetts Bay Transportation Authority (Boston, MA)
- MATBUS - Metro Area Transit (Fargo, ND - Moorhead, MN)
- Metropolitan Transit Authority of Harris County, Texas (Houston, Texas)
- Minneapolis-Saint Paul Metro Transit
- MTA Maryland (Baltimore, Maryland)
- Nashville Metropolitan Transit Authority
- New York City Transit Authority
- Niagara Frontier Transportation Authority (Buffalo, New York)

- North County Transit District (North San Diego County, California)
- Orange County Transportation Authority (Orange County, California)
- Port Authority of Allegheny County (Pittsburgh, Pennsylvania)
- Regional Transportation Commission of Southern Nevada/Citizens Area Transit (Las Vegas, Nevada)
- Rhode Island Public Transit Authority (Providence, Rhode Island)
- Roaring Fork Transportation Authority (Aspen, Colorado)
- San Diego Metropolitan Transit System/San Diego Transit (San Diego, California)
- San Francisco MUNI (San Francisco, California)
- San Joaquin Regional Transit District (Stockton, California)
- Santa Clara Valley Transportation Authority (Santa Clara County, California)
- Santa Rosa CityBus (Santa Rosa, California)
- Sarasota County Area Transit (Sarasota County, Florida)
- Sound Transit (Puget Sound, Washington)
- Southeastern Pennsylvania Transportation Authority (Philadelphia, Pennsylvania)
- Southwest Ohio Regional Transit Authority (Cincinnati, Ohio)[10]
- Spokane Transit Authority (Spokane, Washington)
- TheBus (Honolulu, Hawaii)
- TriMet (Portland, Oregon): two vehicles.
- Utah Transit Authority (Salt Lake City, Utah)
- Washington Metropolitan Area Transit Authority

Canada

- Transit Windsor (Windsor, Ontario)
- Edmonton Transit System (Edmonton, Alberta)
- Hamilton Street Railway (Hamilton, Ontario)
- OC Transpo (Ottawa, Ontario)
- RTC (Quebec City, Quebec) [Currently only one Novabus LFS HEV in service]
- STM (Montréal, Québec) [Currently owns four Novabus LFS HEVs, testing for larger orders]
- STO (Gatineau, Québec)
- St. Catharines Transit Commission (St. Catharines, Ontario)
- Toronto Transit Commission (Toronto, Ontario)
- Coast Mountain Bus Company (Vancouver, British Columbia)
- BC Transit (Kelowna, British Columbia).[11]

Asia

China

- Beijing Public Transport
- Kunming Bus
- Shenzhen Bus Group
- Shenzhen Eastern Bus
- Shenzhen Western Bus

Japan

- Marunouchi Shuttle

Singapore

- SBS Transit

Europe

Germany

- Dresden
- Hagen[12]
- Munich[13]
- Nuremberg[14]

UK

- London Buses, London. This is the largest fleet in the UK, with over 50 vehicles in use.[16]
- Newcastle upon Tyne
- QuayLink (Tyne and Wear)
- Stagecoach, Manchester, Oxford, Sheffield
- Oxford Bus Company, Oxfordshire
- FirstGroup, Bath, Somerset, Bristol, Manchester Metroshuttle
- Reading Buses
- Lothian Buses

Spain

- Barcelona (MAN Lion's City Hybrid)[17]
- Empresa Municipal de Transportes, Madrid
- Figueres, within the Electrobus Project, IDAE

Other European Countries

- Jönköpings Länstrafik, Jönköping, Sweden. The used model is MAN Lion's City Hybrid
- Ljubljanski potniški promet (5 Kutsenits Hydra City II/III Hybrid's), Ljubljana, Slovenia
- Paris: RATP is using a hybrid electric bus outfitted with ultracapacitors; the model used is the MAN Lion's City Hybrid.[18][19]
- Milan, Italy
- Team Trafikk, Trondheim, Norway, with 10 Volvo B5L
- Vienna, Austria[12]
- PostAuto,[20] Switzerland: one vehicle is being tested since April 2010; the test will continue for three years.[21]

Other countries

- Christchurch, New Zealand