



## Baterias para VEs

# Oficina de Trabalho Veículo Elétrico - BNDES

Maria de Fátima N. C. Rosolem  
Raul F. Beck

Maio/2010

## Tipos de vehículos eléctricos

- VE - Híbrido
- VE - Híbrido Plug-in
- Vehículo Eléctrico “Puro”

# Tipos de veículos elétricos

- **VE - Híbrido**

- Motor elétrico em baixa velocidade + motor a combustão em velocidade de cruzeiro
- Bateria recarregada pelo motor a combustão e frenagem regenerativa
- Redução de consumo de combustível: 25% a 40%
- **Micro Híbrido (stop/start)            12 - 36 V / 2,5 - 5 kW / 0,5 kWh**
- **Híbrido Moderado (stop&go)    120 - 160 V / 15 - 20 kW / 1 kWh**
- **Híbrido Total (power assist)    200 - 350 V / 30 - 50 kW / 2 - 3 kWh**

# Tipos de veículos elétricos



Toyota Prius

Prius, da Toyota



Honda Insight

Insight, da Honda



Ford Fusion Hybrid

Fusion Hybrid, da Ford



GM Volt

Volt, da GM

- VE - Híbrido

## Tipos de veículos elétricos

- **VE - Híbrido Plug-in**

- Motor elétrico nos primeiros 20 km a 30 km + motor a combustão
- Bateria recarregada na rede de energia elétrica, por frenagem regenerativa e pelo motor a combustão
- Redução de consumo de combustível: 40% a 65%
- Baterias 200 - 350 V / 30 - 100 kW / 5 - 15 kWh

# Tipos de vehículos eléctricos



Volvo V70 (2012)



GM SUV VUE (2010)



Toyota Prius (2012)



Ford Escape (2012)



GM Volt (2010)

- VE - Híbrido Plug-in

## Tipos de veículos elétricos

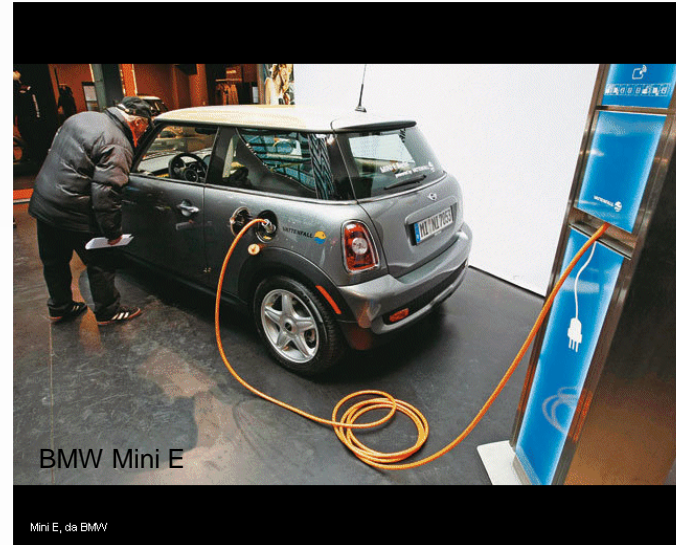
- **Veículo Elétrico**
  - Motor elétrico
  - Bateria recarregada na rede de energia elétrica ou substituída por outra carregada
  - Redução de consumo de combustível: 100%
  - **Baterias 200 - 350 V / 35 - 70 kW / 25 - 40 kWh**

# Tipos de veículos elétricos



Mitsubishi i-Miev

i-Miev, da Mitsubishi



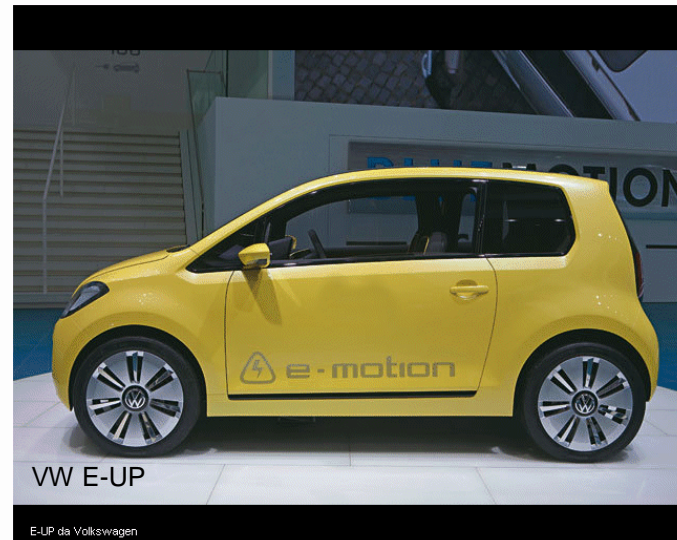
BMW Mini E

Mini E, da BMW



Daimler Smart ED

Smart ED, da Daimler AG



VW E-UP

E-UP da Volkswagen

- VE (bat. fixa)



# Tipos de veículos elétricos



**Nissan LEAF**

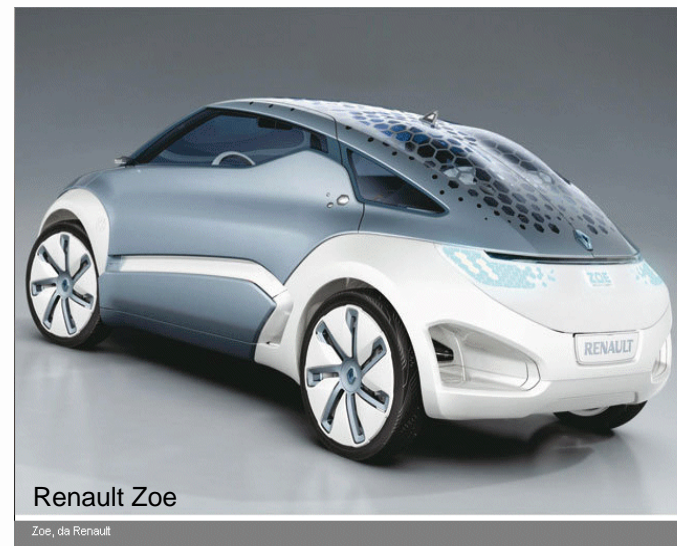
**Baterias laminadas de Li-ion**  
**90 kW**  
**24 kWh**  
**U\$ 9.000**  
**U\$ 375 / kWh**  
**(autonomia de 160 km)**

([Times of London](#) – Abr/2010)



- VE (bat. fixa)

# Tipos de veículos elétricos



- VE (bat. subst.)

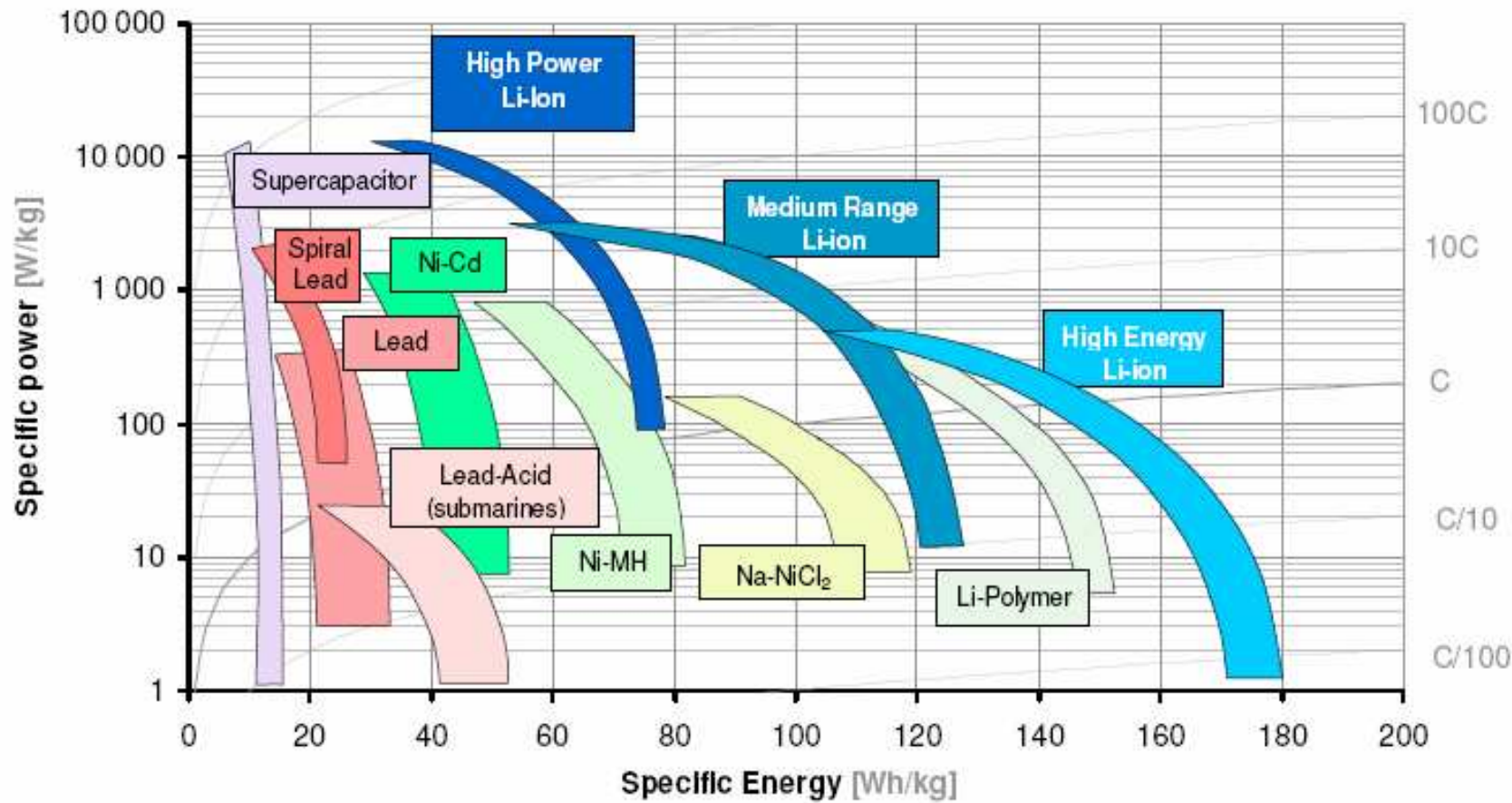
## Tipos de veículos elétricos

- **VE - Híbrido**
- 2009: 907 mil unidades
- **2015: 3,34 milhões unidades**
- Crescimento de quase **4 x**
  
- **Veículo Elétrico**
- 2009: 5,88 mil unidades
- **2015: 415 mil unidades**
- Crescimento de mais de **70 x**

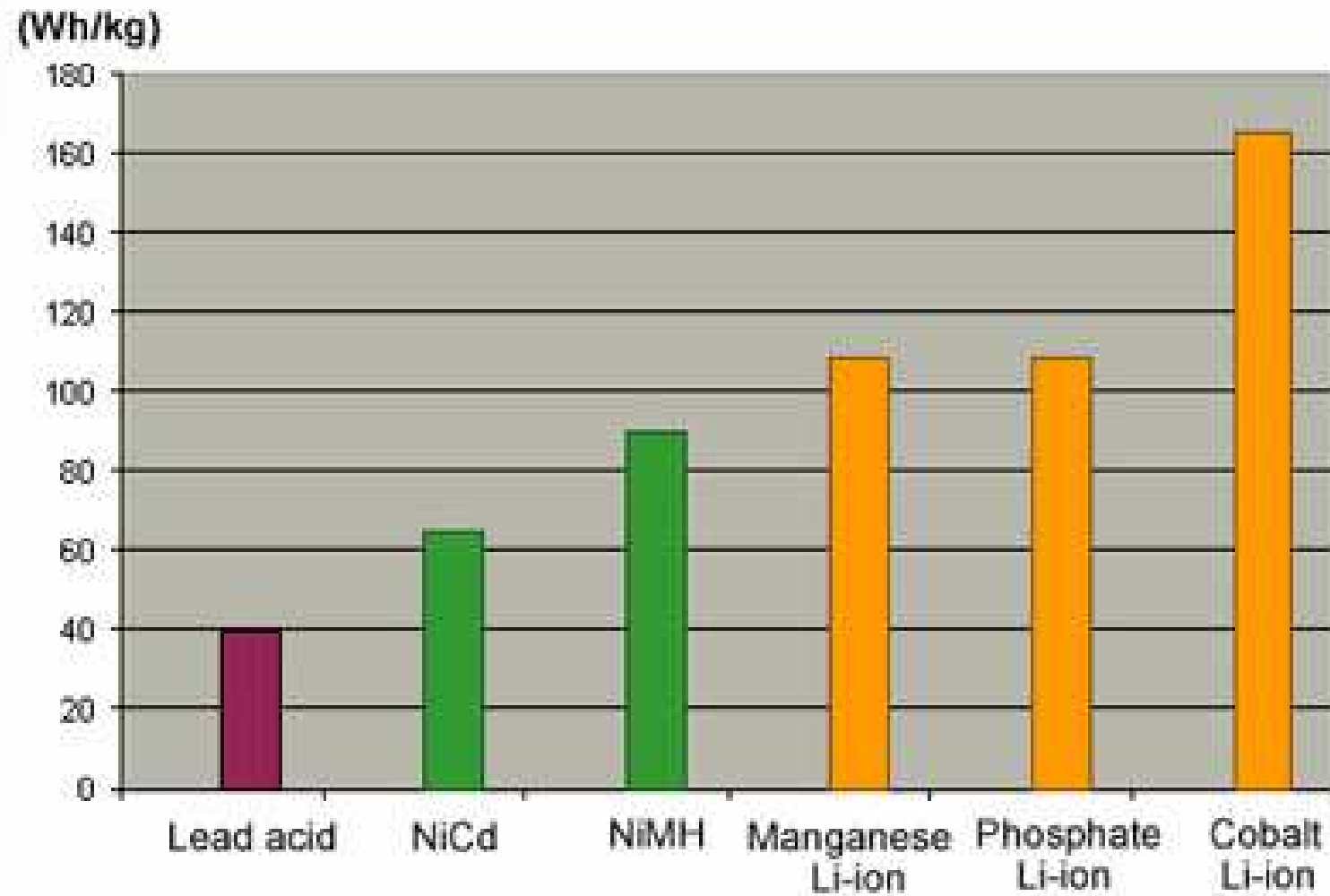
## Baterias - desafios

- Alta confiabilidade
- Alto desempenho (ciclos e profundidade descarga)
- Alta densidade energética (Wh/kg e Wh/l)
- Larga faixa de temperatura de operação
- Tempo de recarga reduzido
- Vida útil elevada
- Peso e volume reduzidos
- Custo razoável

# Densidade energética (Curvas Ragone)



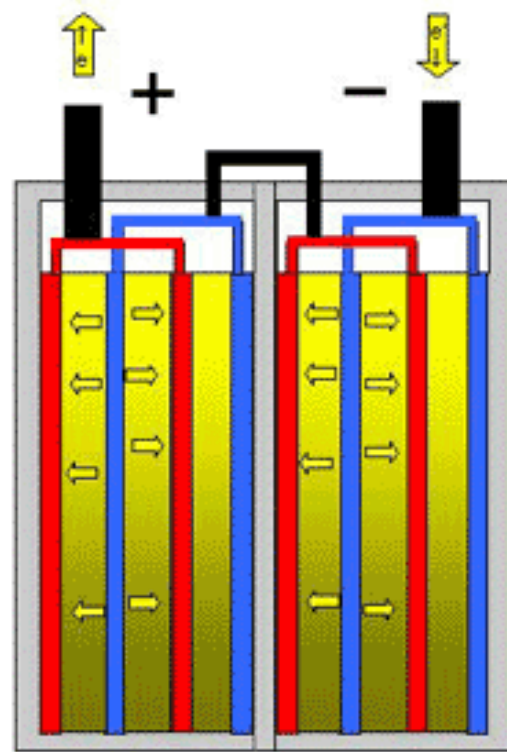
# Densidade energética



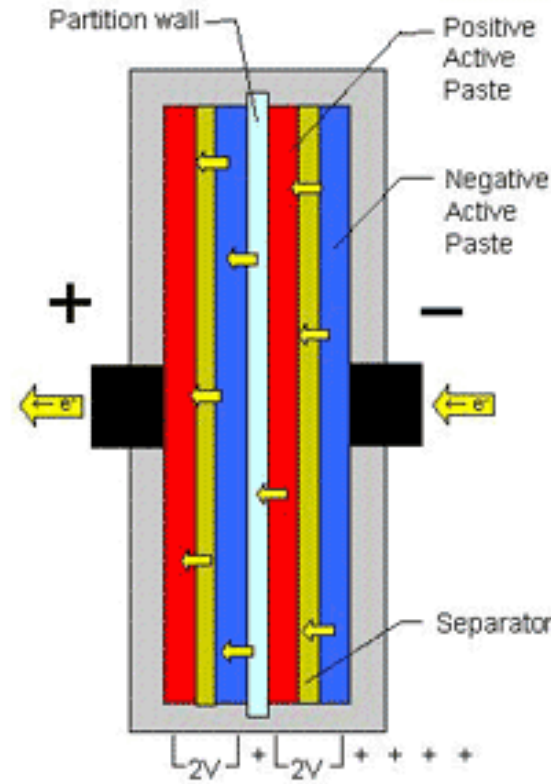
# Comparativo entre tecnologias atuais

Bateria	Tensão (V)	Potência (Wh/kg)	Potência (Wh/l)	Nº Ciclos (80%)	Preço (\$/kwh)	Impacto ambiental
Pb-ácida	2,0	10-40	50-100	400-800	100-125	Alto
Ni-MH	1,2	60-80	250	300-600	200-400	Baixo
Li-íon	3,0-4,5	80-170	170-450	500-3000	250-800	Moderado a baixo

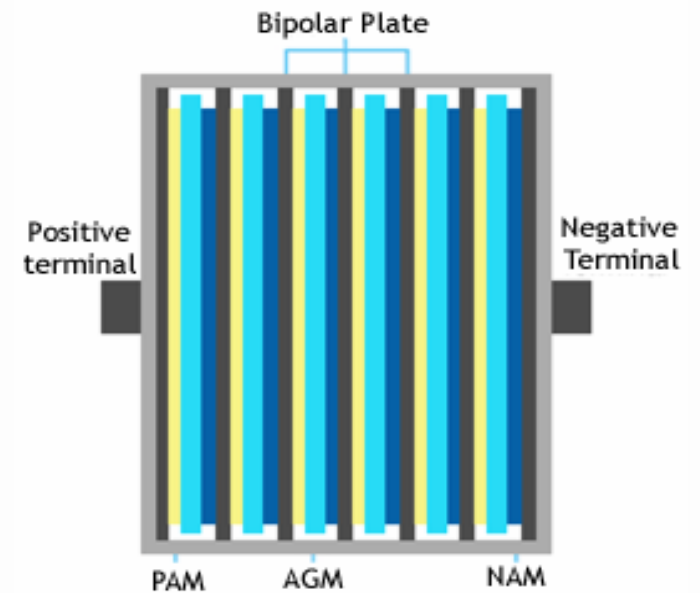
# Bateria Pb-ácida Bipolar



Monopolar 4 V



Bipolar 4 V





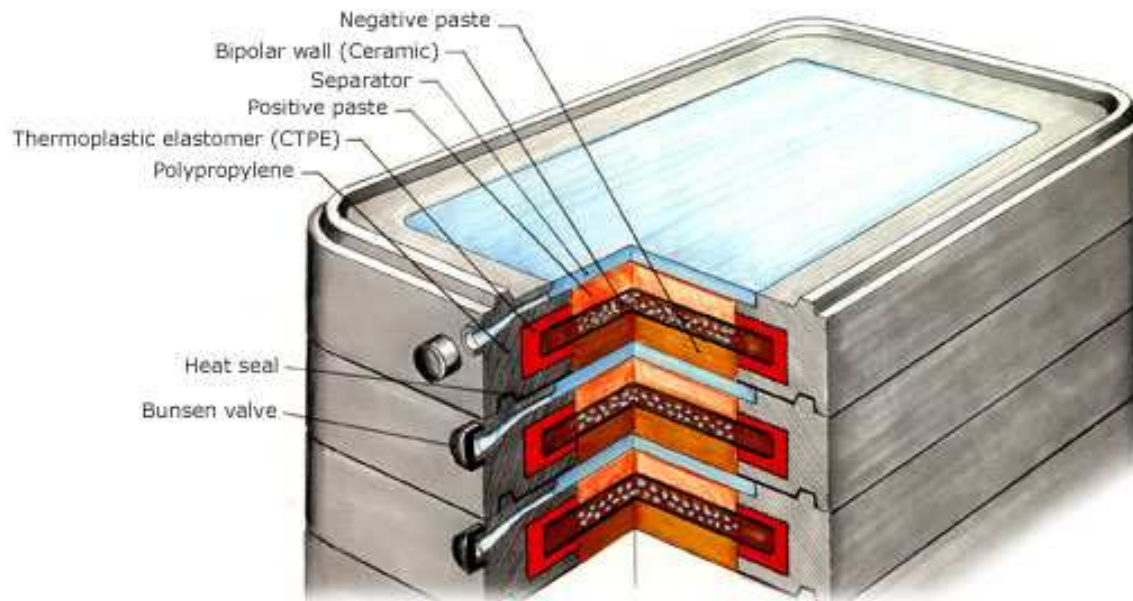
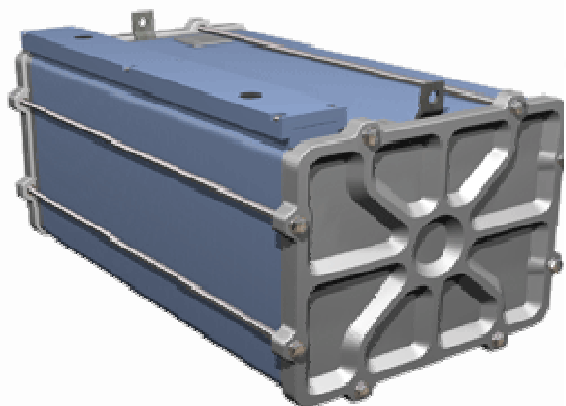
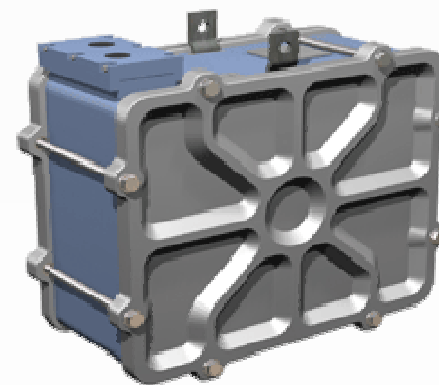
# Projeto Effpower

ALABC Identifier: Effpower

Battery type: Bipolar, 8 Ah, 144V

Vehicle: Honda Insight HEV

Voltage: 144V



# Effpower



Battery in position (4x36V modules)

## Effpower - Honda Insight

- Testes em 01/2008 – rodou 160.000 km sem recarga de condicionamento ou equalização
- Aumentou rendimento
- Baterias menor do que a NiMH original
- 10 kg mais pesada

Na tecnologia bipolar, elementos são empilhados como um “sanduiche”, a placa negativa de um elemento forma a placa positiva do elemento seguinte.

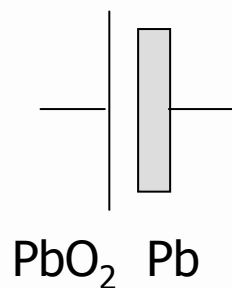
Menos conexões e placas são necessárias.

A vantagem do design bipolar: mais potência com menos peso e um volume menor.

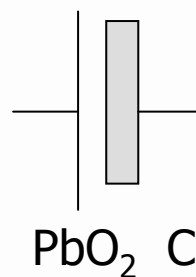


# ULTRA Bateria

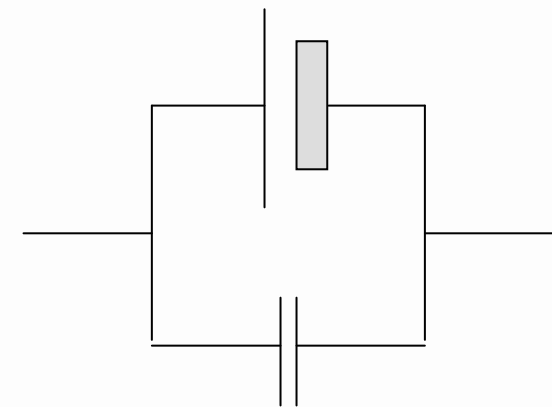
- Desenvolvida pela CSIRO (Austrália) e produzida pela Furukawa
- A bateria possui duas placas negativas (uma de chumbo e outra de carbono)
- A placa de carbono consegue absorver as altas correntes geradas durante a regeneração (freio regenerativo) como também fornecer alta potencia na aceleração



Elemento Chumbo-ácido  
Energia - SIM  
Potencia - NÃO

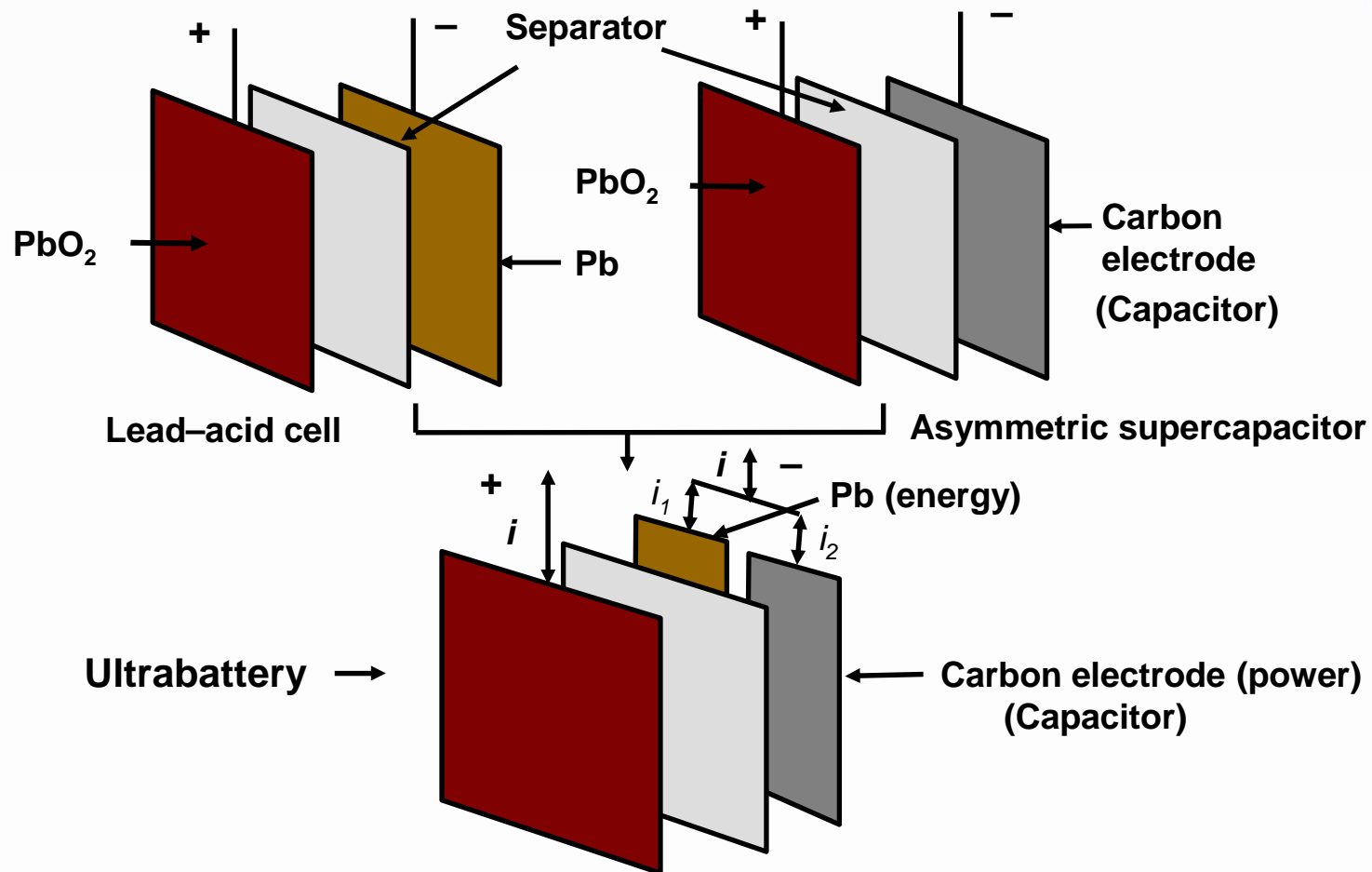


Super-capacitor Híbrido  
Energia - NÃO  
Potencia - SIM



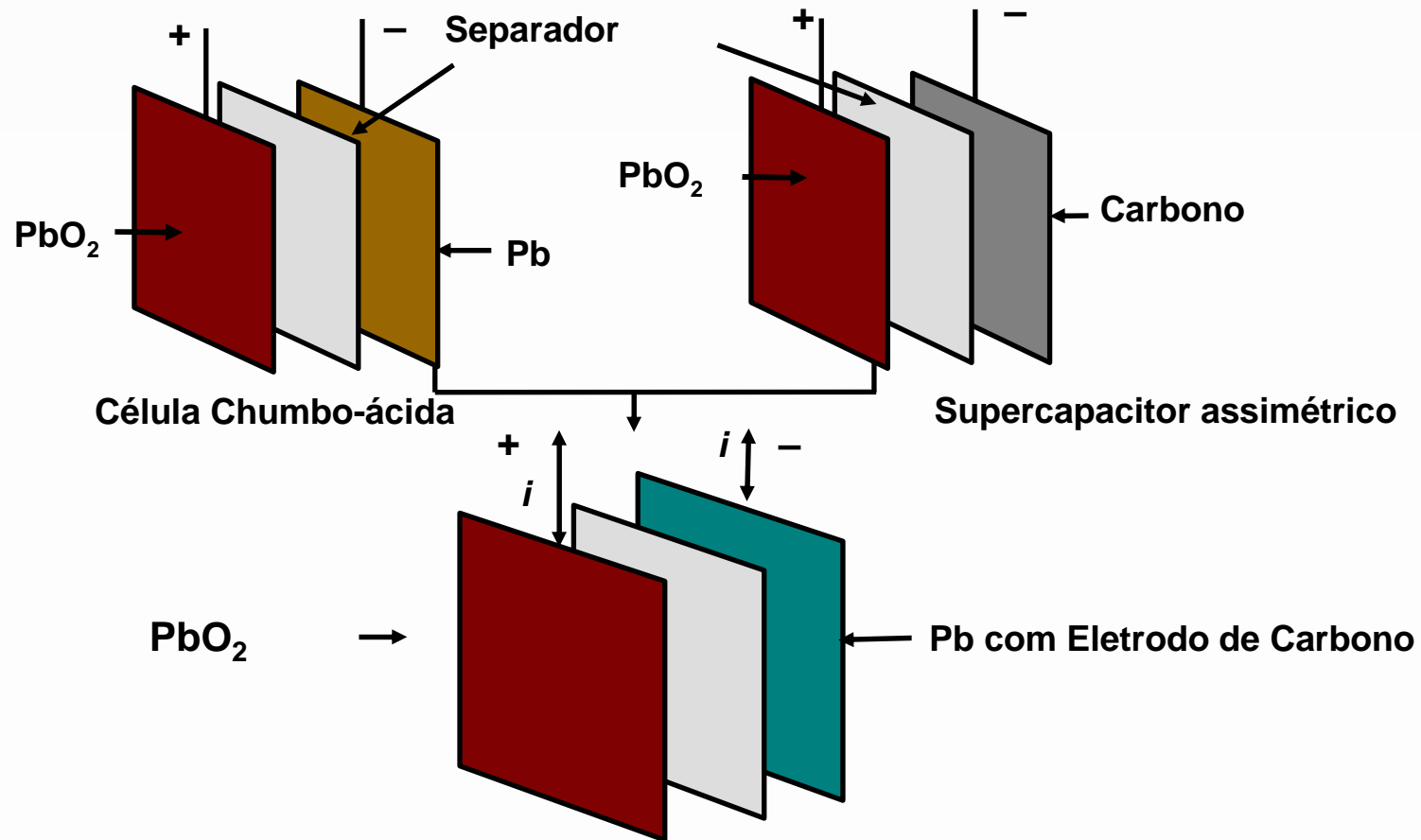
Combinação  
Potencia e Energia OK

# Configuração da Ultrabateria



**Ultrabattery is a hybrid energy-storage device, which combines an asymmetric capacitor and a lead-acid battery in one unit cell, without extra electronic control.**

# Evolução da Ultrabateria



**Elemento com função dupla (Faradaica e capacitiva) na placa negativa.  
Carbono é misturado com o material ativo - ainda mais simples que a bateria Ultra.**

# Bateria Níquel Hidreto Metálico



**Baterias Johnson Controls - Saft  
com 1350 W/kg e 2550 W/L**

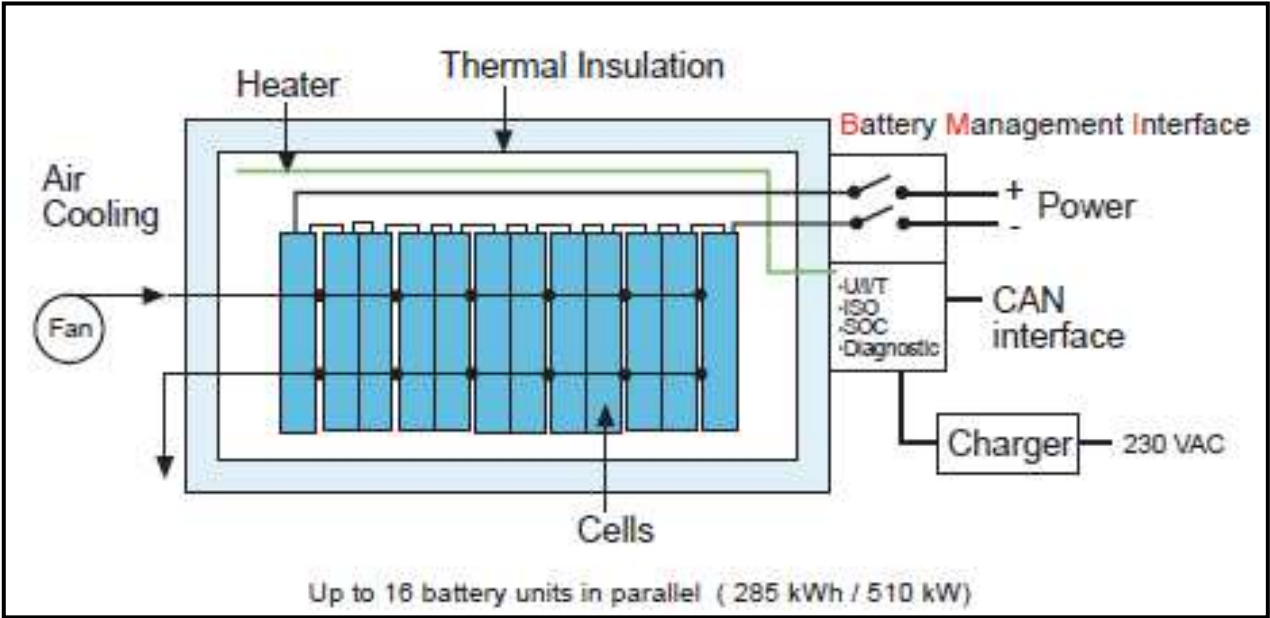
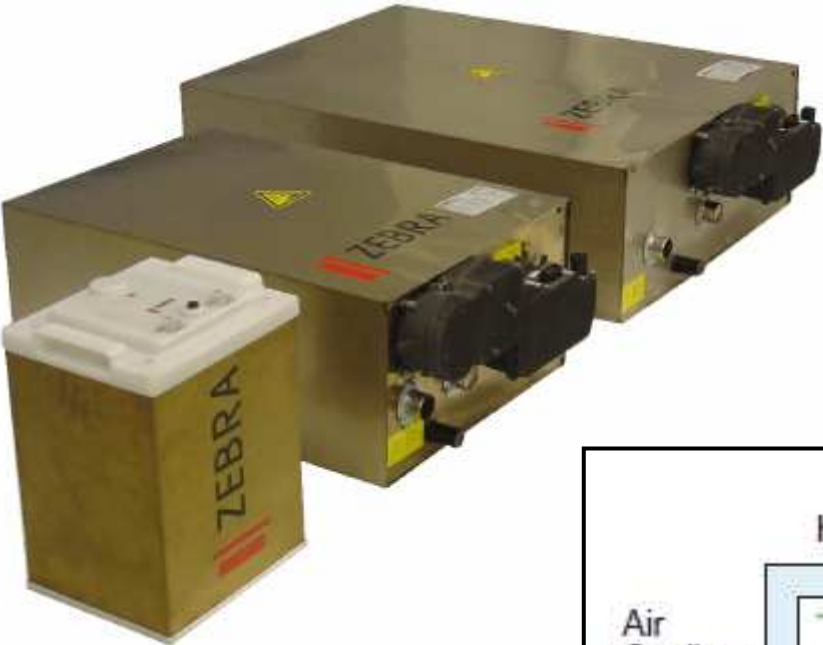


**Bateria do Toyota Prius**



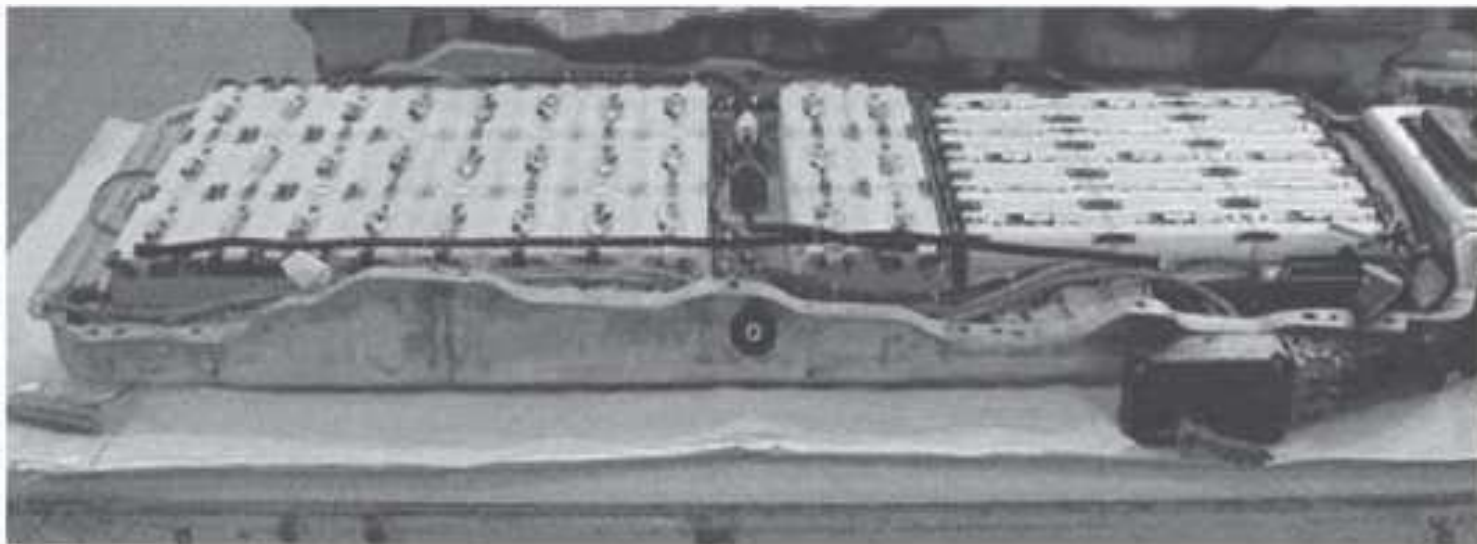
**Saft - Chrysler**

# Bateria Zebra - Na/NiCl<sub>2</sub>





# Baterias de Lítio-íon



**Pacote de baterias de lítio Saft para a van EPIC**

**Módulos e células de lítio para VE**



## Pesquisas em Andamento

- **Li-Fe-Sulfeto** (U.K. QinetiQ)
  - Altas taxas de carga/descarga
  - Ausência de reações térmicas e de sobrecarga
  - Baixo custo dos materiais e de produção
  - Baixa tensão e alta histerese (BMS sofisticado)
  - Previsão comercial → 2010 / 2011
  
- **Li-S** (Sion - US ARPA-E)
  - Dobro da energia e metade do peso da Li-ion
  - Baixo custo dos materiais
  - Previsão comercial → 2013 / 2014

## Pesquisas em Andamento

- **UltraBat Li-ion (Mitsubishi)**
  - Altas taxas de carga/descarga
  - Moderadas reações térmicas e de sobrecarga (LiFePO<sub>4</sub>)
  - Baixo custo dos materiais e de produção
  - Sem previsão comercial
  
- **Compósito (Volvo)**
  - Fibra de carbono + resina polimérica
  - Ausência de reações químicas (reduz degradação)
  - Estrutural (leve e resistente → carroceria)
  - Rendimento similar aos supercapacitores

## Pesquisas em Andamento

- **Li-Ar** (Argonne National Laboratory)
  - Altas taxas de carga/descarga
  - Densidade de energia 5 a 10 maior que Li-ion
  - Ausência de reações térmicas e de sobrecarga
  - Baixo custo dos materiais e de produção
  - Ainda é estudo teórico (20 anos?)
- Lítio-íon, Lítio-polímero, Níquel-hidreto metálico
- Níquel-sódio (Zebra), Níquel-grafite-manganês
- Grafite-fosfato de ferro, etc.

# Conclusões

- VEH → Baterias Chumbo-ácidas, Ni-MH, Li
- VEH-Plug-in → Baterias Chumbo-ácidas, Ni-MH, Li
- VE (baixa autonomia) → Baterias Ni-MH, Li
- VE (alta autonomia) → Baterias Lítio
  - “grande aposta mundial”
  - Tecnologias diversas, porém ainda não estão “maduras”
  - Melhorar questão de estabilidade térmica (segurança)
  - Aumentar vida útil
  - Reduzir custos
  - Desenvolver processos de reciclagem
  - Reservas de lítio mundiais

# Conclusões



- Estágio atual: “TECNOLOGIA DE RUPTURA”  
inovação → pequeno mercado → sobrevive → cresce → domina mercado

**Ken Olsen, CEO da DEC - Digital Equipment Corporation em Dezembro de 1977**  
**“ There is no reason for any individual to have a computer in their home ”**

**Comunicação interna na WESTERN UNION em 1876**  
**“The telephone has too many shortcomings to be seriously considered as a means of communication. The device is inherently of no value for us.”**

# Laboratórios de Baterias - CPqD

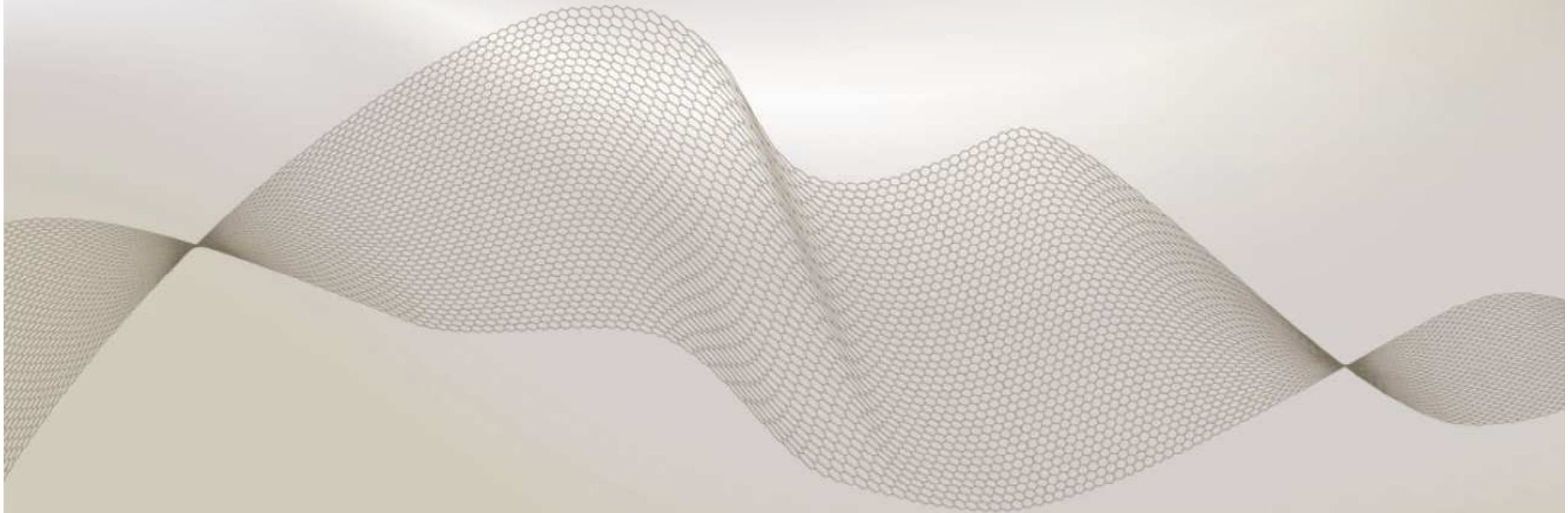


Participante da ALABC - Advanced Lead-Acid Battery Consortium

Raul Fernando Beck

raul@cpqd.com.br

(19) 3705-6421



[www.cpqd.com.br](http://www.cpqd.com.br)