

# Aspectos técnicos, regulatórios e econômicos de sistemas de armazenamento de energia em baterias no Brasil

**Ildo Bet**  
**[ildo@phb.com.br](mailto:ildo@phb.com.br)**

# Agenda

- **Apresentação da empresa e portfólio de produtos**
- **Aspectos econômicos**
- **Aspectos técnicos**
- **Aspectos regulatórios**



<http://www.energymatters.com.au>

# A empresa

**Fundada em 1984 na cidade de São Paulo, a PHB Eletrônica Ltda. é especializada no desenvolvimento, produção e prestação de serviços em produtos voltados para energia e infraestrutura nos segmentos de:**

- **Telecomunicações**
- **Automação bancária e comercial**
- **Sistemas fotovoltaicos**



# Nossos produtos – Telecomunicações e Automação Bancária

Fonte PC



Fonte Urna Eletrônica



Fonte Cash Dispenser (ATM)



Fonte Central Trópico



Retificador



Sistema Retificador



# Nossos produtos – Telecomunicações

Armário Indoor



Armário Outdoor



Sistema Retificador



Telealimentação



# Nossos produtos – Inversores Fotovoltaicos (Monofásicos)



Parâmetro	PHB1500-NS	PHB3000-NS	PHB4600-NS
Max. Tensão CC [V]	450 Vcc	500 Vcc	580 Vcc
Potência CA Nominal [W]	1500 W	3000 W	4600 W
Conexão CA	Monofásica / Bifásica – 220 Vca 60 Hz		
Max. Eficiência	97.0%	97.0%	97.8%
Certificação	ABNT NBR 16149, 16150 e ABNT NBR IEC 62116		

# Nossos produtos – Inversores Fotovoltaicos (Trifásicos)



Parâmetro	PHB14K-DT	PHB20K-DT	PHB25K-DT	PHB60K-DT
Max. Tensão CC [V]	800 Vcc	1000 Vcc	1000 Vcc	1000 Vcc
Potência CA Nominal [W]	14000 W	20000 W	25000 W	60000 W
Conexão CA	220/127Vca	380/220Vca	380/220Vca	380/220Vca
Max. Eficiência	98,4%	98,4%	98,4%	98,8%
Certificação/Conformidade	ABNT NBR 16149, 16150 e ABNT NBR IEC 62116			

# Nossos produtos – Software para configuração de Inversores PHB

## Configura os parâmetros:

- **Sobre/sub tensão**
- **Tempo de religamento**
- **Tensão de ativação/desativação da curva de fator de potência.**



Ajuste da Tensão de Referência - PRODIST - V1.05

Configuração Atual: 240/120V

Modelo: PHB4600-SS

Conectar

Nova Configuração:

- 220/127V - 220/110V - 380/220V - 440/220V
- 230/115V
- 240/120V
- 254/127V
- 208/120V

Configuração Detalhada:

- Sobretensão de Saída = 264V em 0,2s
- Subtensão de Saída = 192V em 0,4s
- Sobrefrequência de Saída = 62Hz em 0,2s
- Subfrequência de Saída = 57,5Hz em 0,2s
- Anti-ilhamento = 2s
- Tempo de Atraso = 180s
- Curva Fator Potência (FP): Habilitada
- Tensão Ativação Curva FP = 249,6V
- Tensão Desligamento Curva FP = 240V
- Potência Inicial Curva FP = 50% Pot. Nominal
- FP com 100% Potência = 0,95

Atraso 30s

Atraso 180s

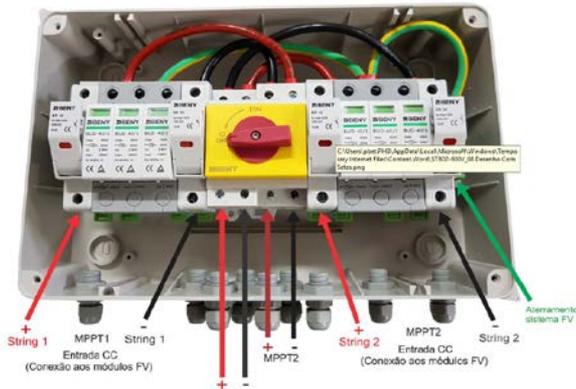
Atraso 300s

Limpar E-Total

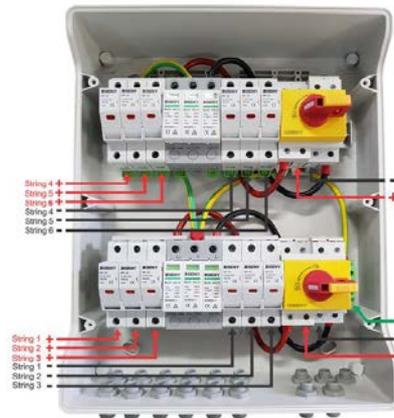
Configurar

Configuração da tensão de conexão  
com a rede elétrica com apenas  
**1 clique!**

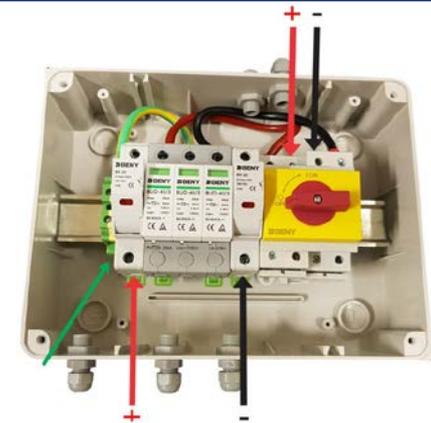
# Nossos produtos – String Box / Combiner Box / QDCA



**2IN 2OUT CC**



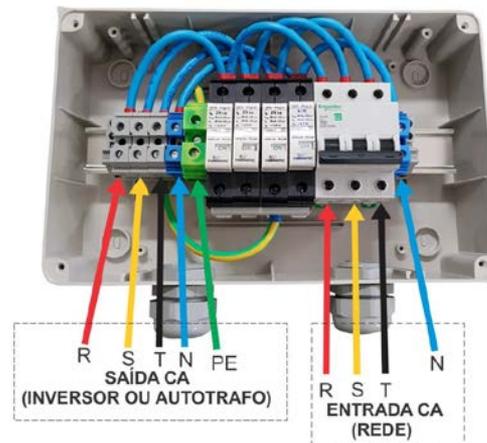
**6IN 2OUT CC**



**1IN 1OUT CC**



**Combiner Box  
24IN 1OUT (1500Vcc)**



**QDCA (Trifásico)**



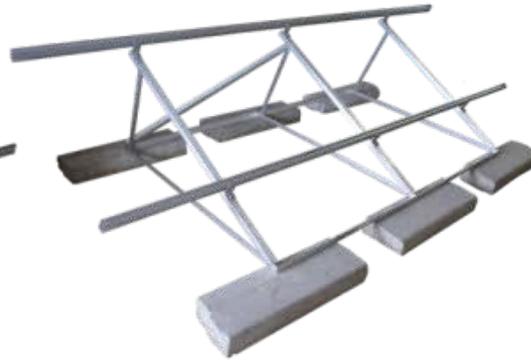
**QDCA (Monofásico)**

# Nossos produtos – Estruturas de Fixação

Estruturas p/ Solo



Estruturas p/ Laje



Estruturas p/ Telhado



# Nossos produtos – Estruturas de Fixação (Carport)



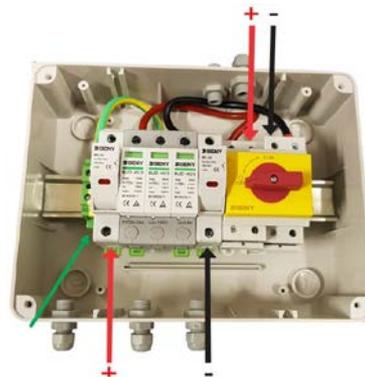
# Nossos produtos – Kit Completo



INVERSOR



MÓDULOS



STRING BOX



ESTRUTURAS DE FIXAÇÃO



KIT DE ATERRAMENTO



CABOS, CONECTORES

# Nossos produtos – Kit Gerador FV Híbrido Modular (1,5 - 38 kWp)



# Nossos produtos – Kit Gerador FV Híbrido Modular

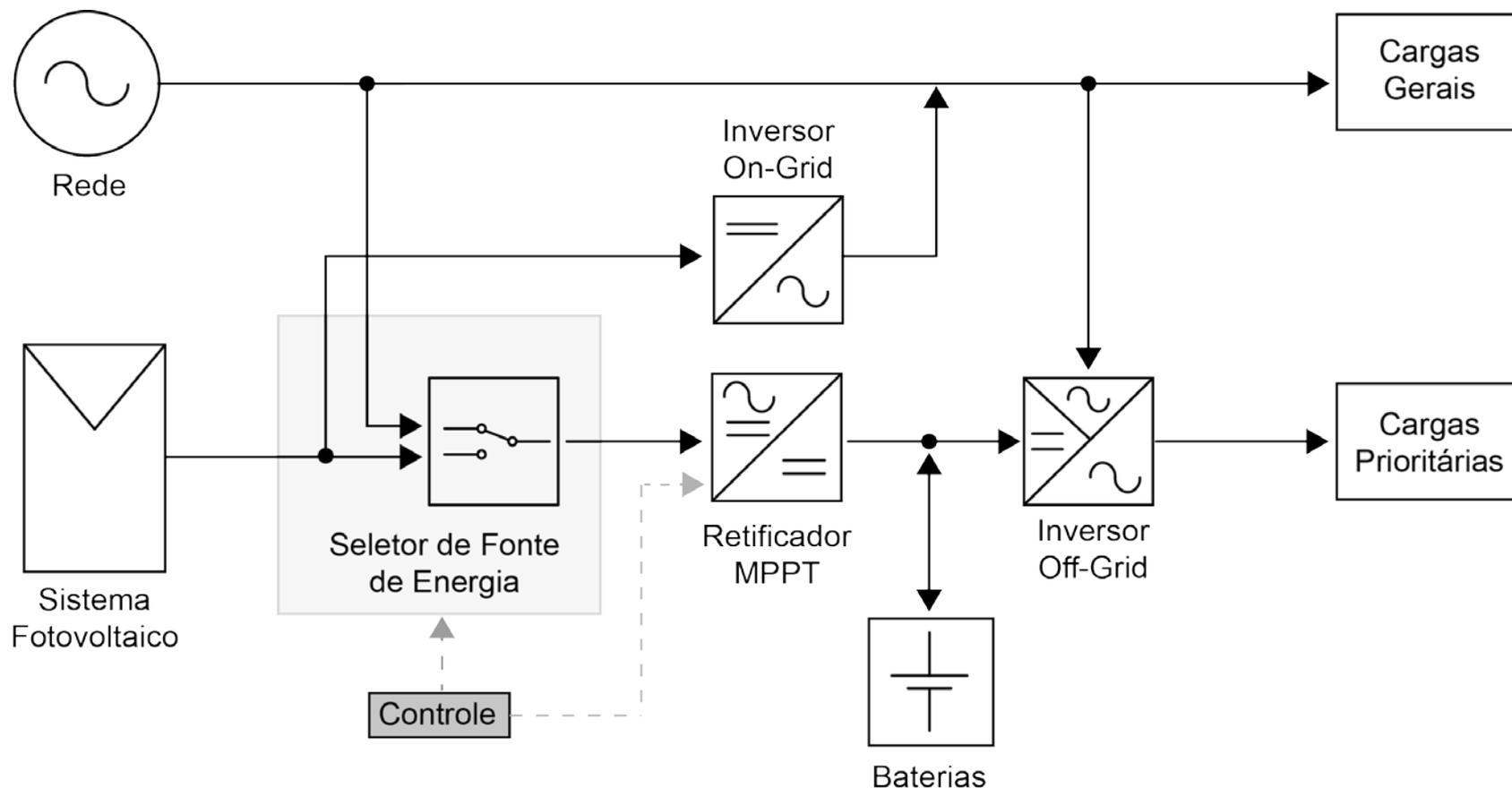


Diagrama simplificado

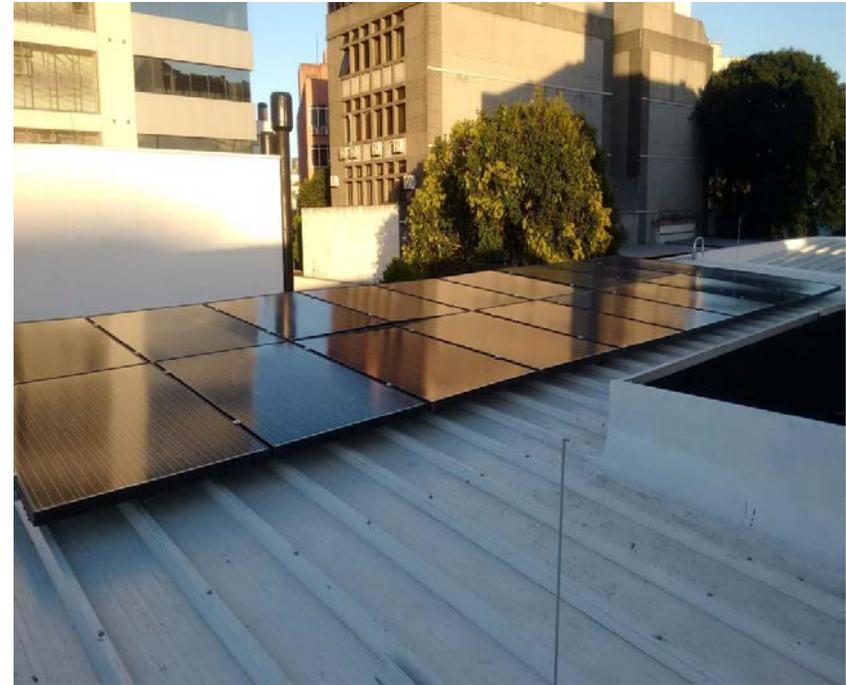
# Nossos produtos – Kit Gerador FV Híbrido Modular (Cases)

- Potência FV: 10 kWp
- Potência Inversor On-Grid: 9,2 kW
- Potência Inversor Off-Grid: 4,5 kVA
- Controlador de Carga | Retificador: 48V/200A
- Capacidade do Banco de Baterias: 800Ah



# Nossos produtos – Kit Gerador FV Híbrido Modular (Cases)

- **Potência FV: 4,8 kWp**
- **Potência Inversor On-Grid: 4,6 kW**
- **Potência Inversor Off-Grid: 3 kVA**
- **Controlador de Carga | Retificador: 48V/200A**
- **Capacidade do Banco de Baterias: 200Ah**



# Nossos produtos – Kit Gerador FV Híbrido Modular (Cases)

- **Potência FV: 5,2 kWp**
- **Potência Inversor On-Grid: 4,6 kW**
- **Potência Inversor Off-Grid: 3 kVA**
- **Controlador de Carga | Retificador: 48V/50A**
- **Capacidade do Banco de Baterias: 200Ah**



# Nossos produtos – Kit Gerador FV Off-Grid (Híbrido)

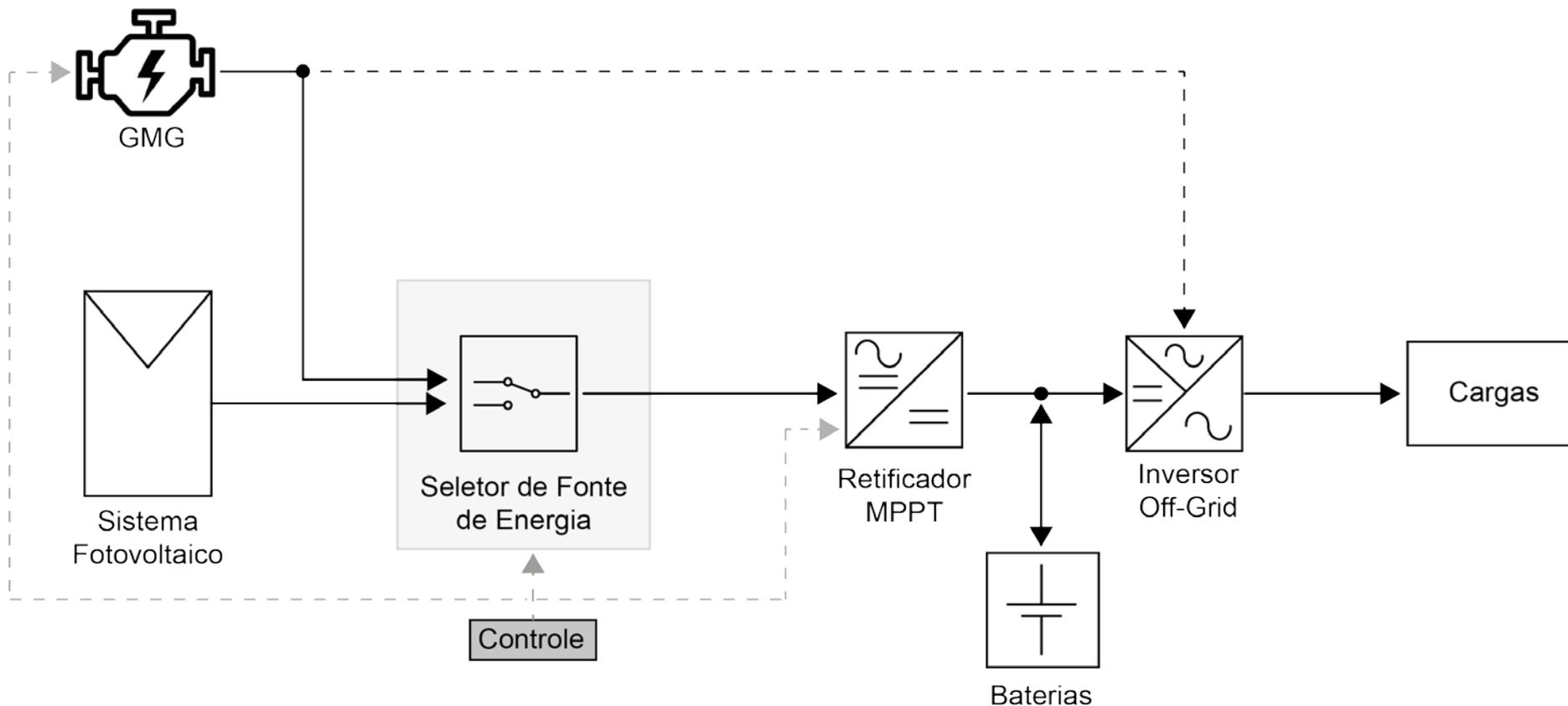


Diagrama simplificado

# Nossos produtos – Kit Gerador FV Off-Grid (Híbrido) – Cases

- **Potência FV: 26,7 kWp**
- **Potência Inversor Off-Grid: 12 kVA**
- **Controlador de Carga | Retificador: 48V/600A**
- **Capacidade do Banco de Baterias: 1000Ah**



# Nossos produtos – Kit Gerador FV Off-Grid (Híbrido) - Cases

- **Potência FV: 4,8 kWp**
- **Potência Inversor Off-Grid: 4,5 kVA**
- **Controlador de Carga | Retificador: 48V/400A**
- **Capacidade do Banco de Baterias: 800Ah**



# Nossos produtos – Kit Gerador FV Off-Grid

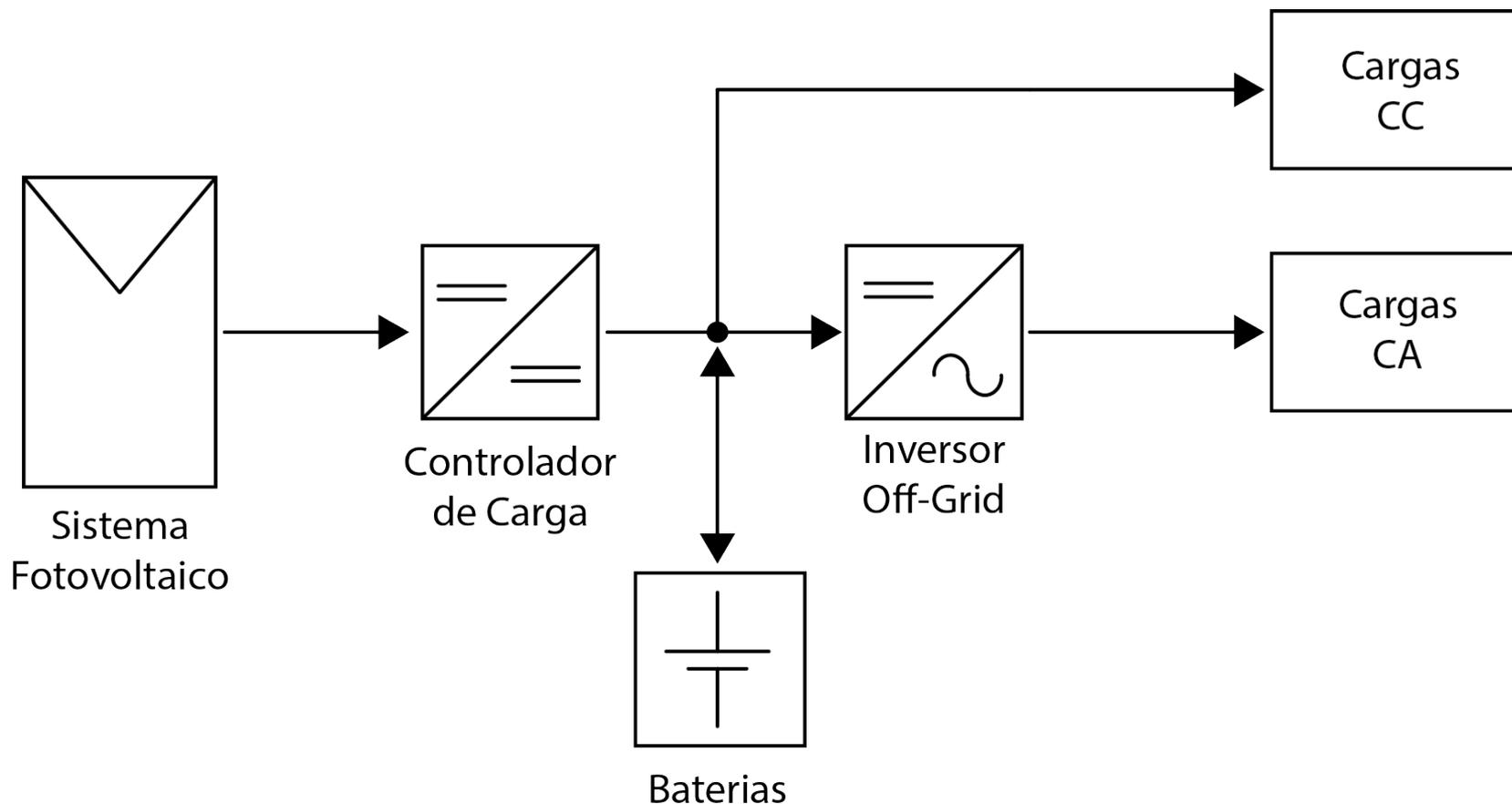


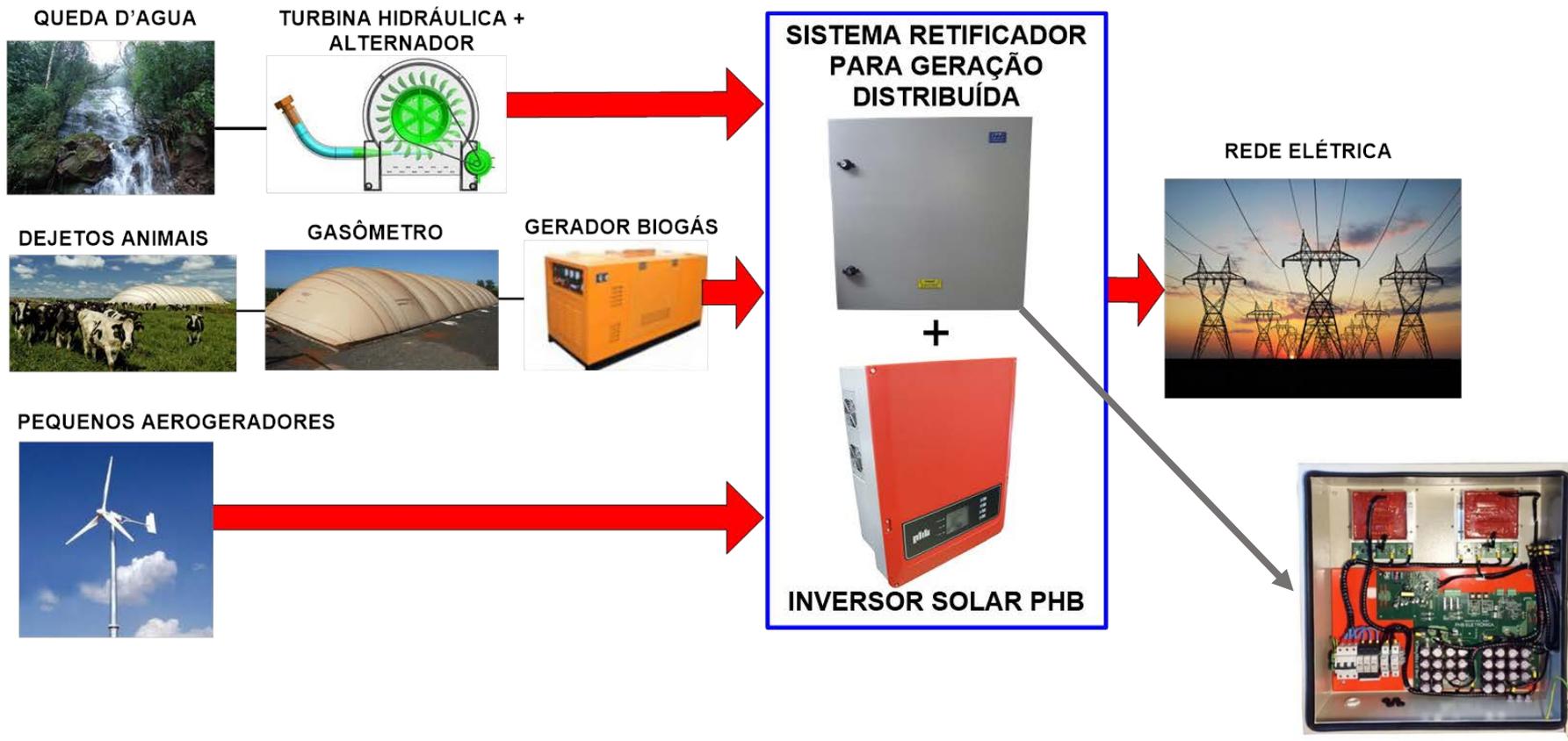
Diagrama simplificado

# Nossos produtos – Kit Gerador FV Off-Grid - Cases

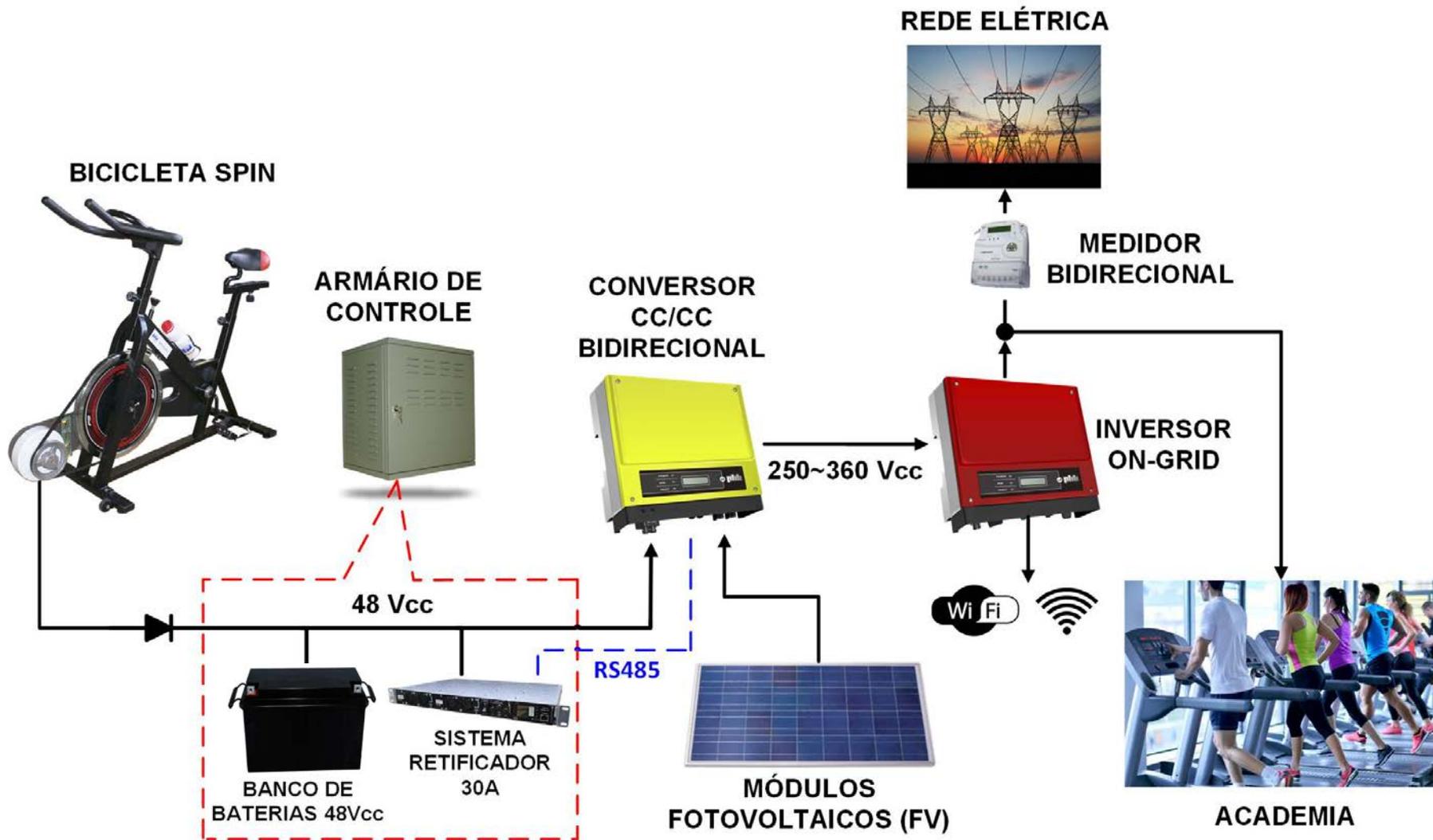
- **Potência FV: 9 kWp**
- **Potência Inversor Off-Grid: 2 kVA**
- **Controlador de Carga | Retificador: 48V/200A**
- **Capacidade do Banco de Baterias: 800Ah**



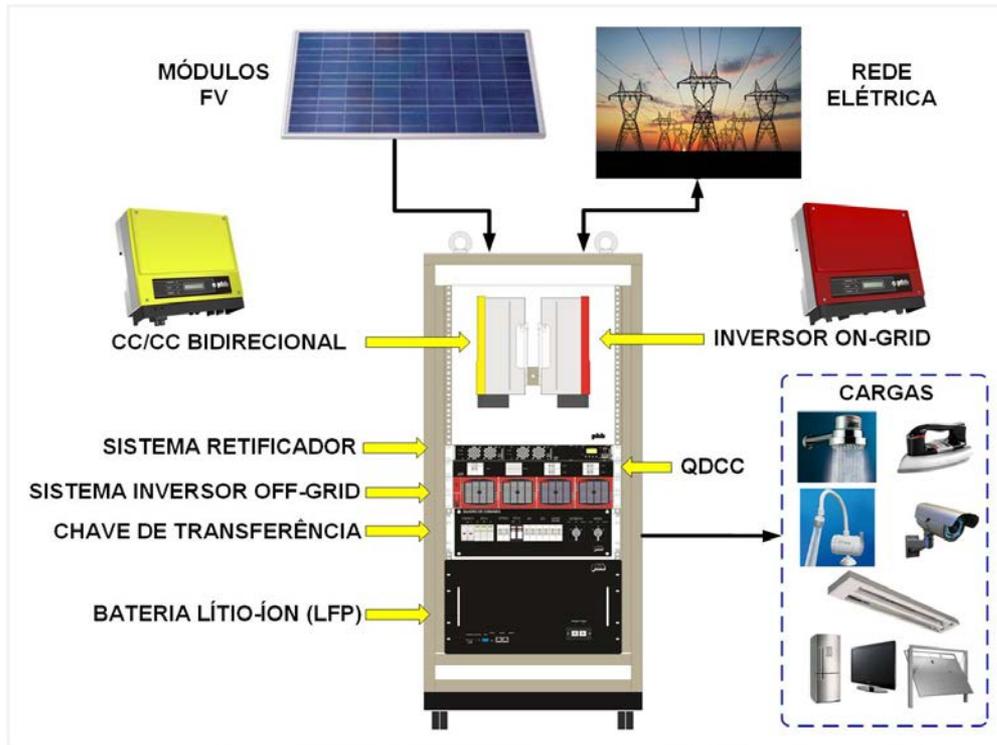
# Nossos produtos – Sistema Retificador para Geração Distribuída (1,5 – 20kWp)



# Nossos produtos – Bike On-Grid



# Nossos produtos - Inversor FV Híbrido Modular Bidirecional



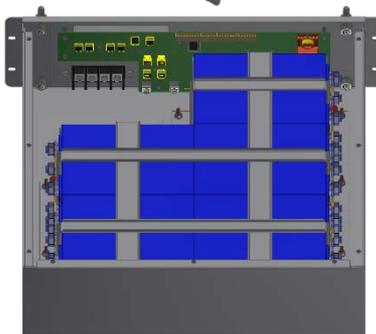
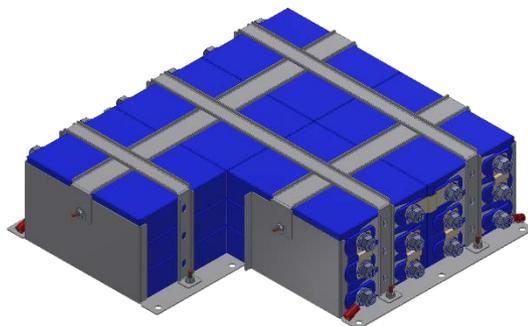
Parâmetros	Valor
Potência (on-grid)	3 kW
Potência (off-grid)	6 kVA (4,8 kW)
Tensão de operação (ca)	220 Vac
Faixa de tensão MPPT (cc)	80 ~ 450 Vcc
Tecnologia da Bateria	LiFePO4
Energia da Bateria	7,2 kWh
Número de Ciclos da Bateria	4500 (90% DOD)

# Visão Futura / Desenvolvimento

## • BESS



- Tensão Nominal: 48 V
- Capacidade: 50 - 500 Ah
- Energia: 2,4 kWh – 24 kWh
- Células de Lítio-Íon (LFP)
- Taxa de descarga/recarga: 1C
- Aplicações estacionárias e sistemas de backup



## • ESS



- 100 kWh/100kWp
- Serviços ancilares



# Aspectos Econômicos

## Visão Geral

↪ Aumento da demanda de energia elétrica

Brasil - Elasticidade-renda do consumo de energia elétrica

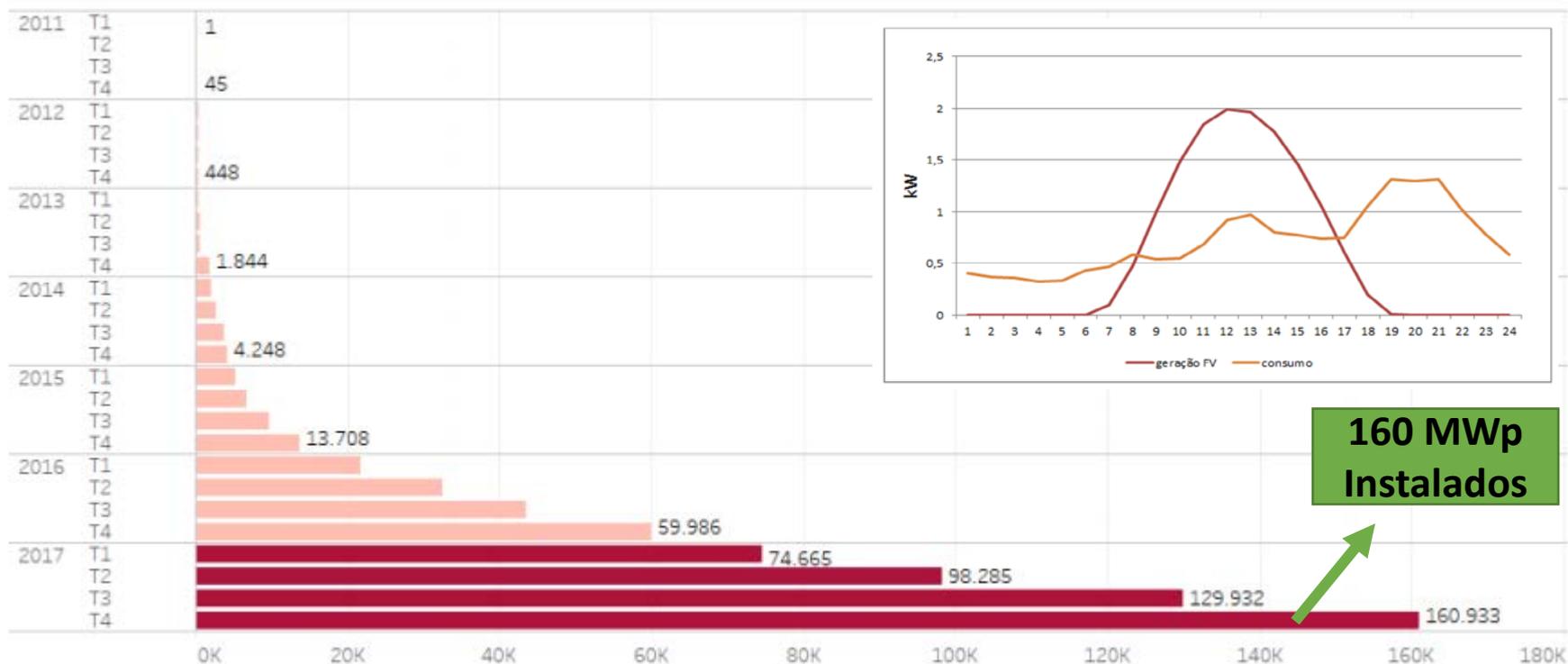
Ano	Consumo (TWh)
2015	517
2020	616
2025	768
Período	Consumo ( $\Delta\%$ a.a.)
2015-2020	3,5
2020-2025	4,5
2015-2025	4,0

Fonte: EPE

# Aspectos Econômicos

## Visão Geral

- ↪ Aumento da demanda de energia elétrica
- ↪ Inserção crescente de outras fontes de energia renováveis na matriz nacional



**160 MWp Instalados**

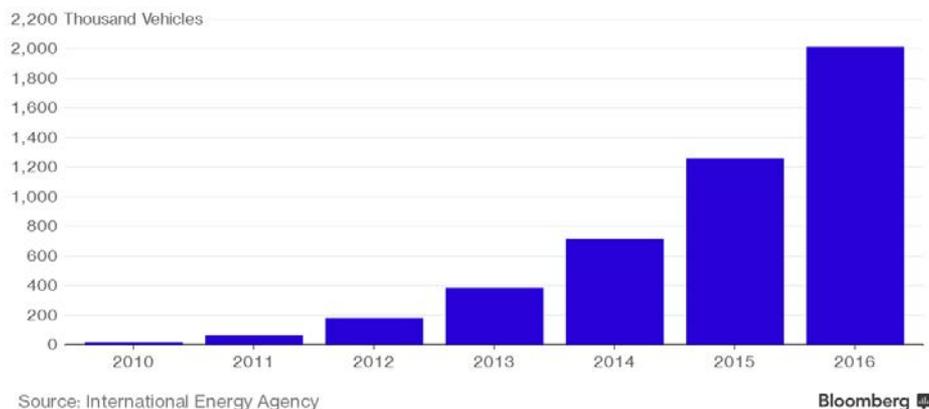
Fonte: Greener

# Aspectos Econômicos

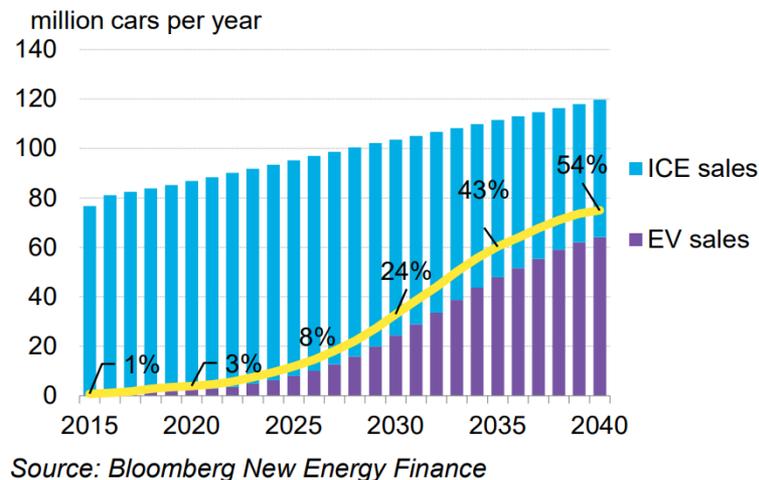
## Visão Geral

- ↪ Aumento da demanda de energia elétrica
- ↪ Inserção crescente de outras fontes de energia renováveis na matriz nacional
- ↪ Entrada de veículos elétricos na frota mundial

Evolution of Global Electric Car Stock



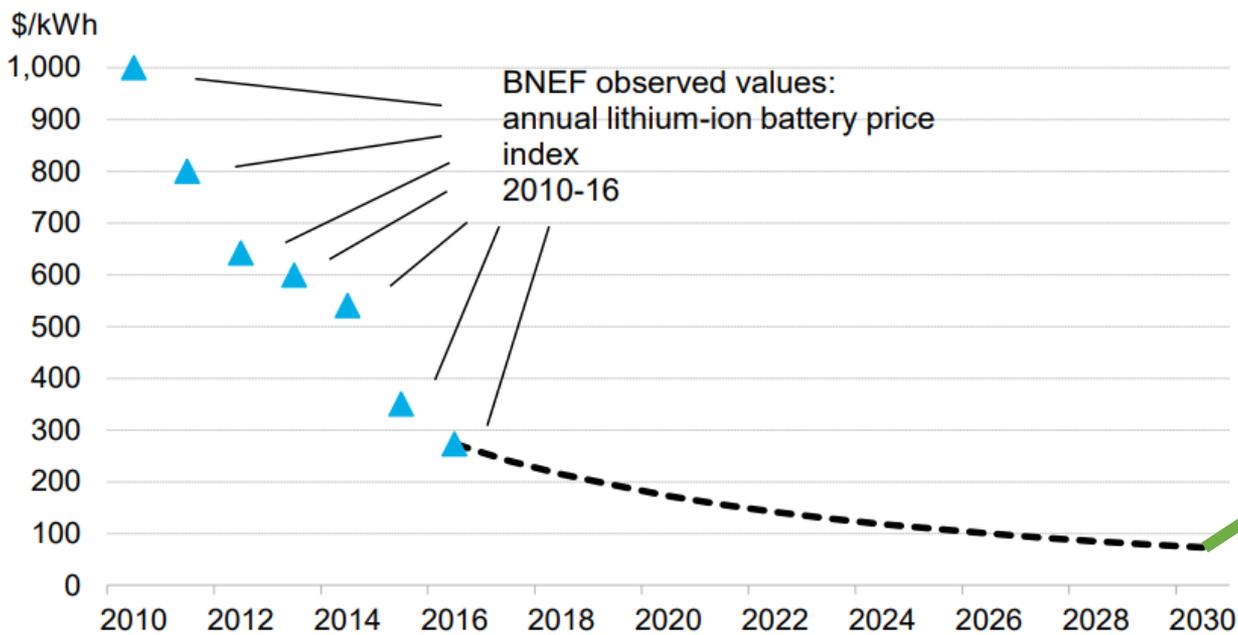
Annual global light duty vehicle sales



# Aspectos Econômicos

## Visão Geral

- ↪ Aumento da demanda de energia elétrica
- ↪ Inserção crescente de outras fontes de energia renováveis na matriz nacional
- ↪ Entrada de veículos elétricos na frota mundial
- ↪ Redução expressiva do preço das baterias

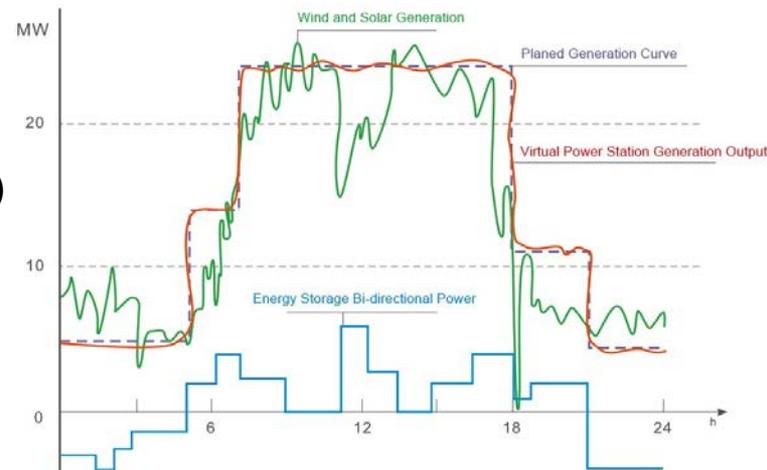


Source: Bloomberg New Energy Finance

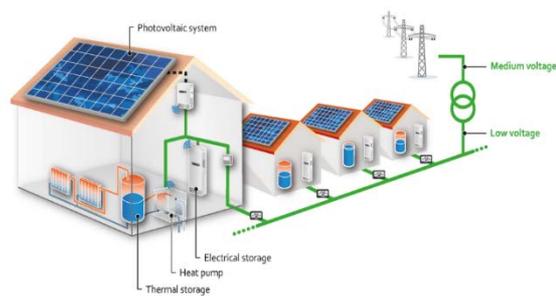
\$73/kWh

# Aspectos Econômicos

- ↪ **Sistemas Off-grid / On-grid / Híbridos**
- ↪ **UPS e Data centers**
- ↪ **Redução de picos de demanda (Tarifa branca)**
- ↪ **Serviços ancilares (Regulação de frequência/tensão)**
- ↪ **Energy time-shift**
- ↪ **Load leveling/smoothing**
- ↪ **Microgrids**



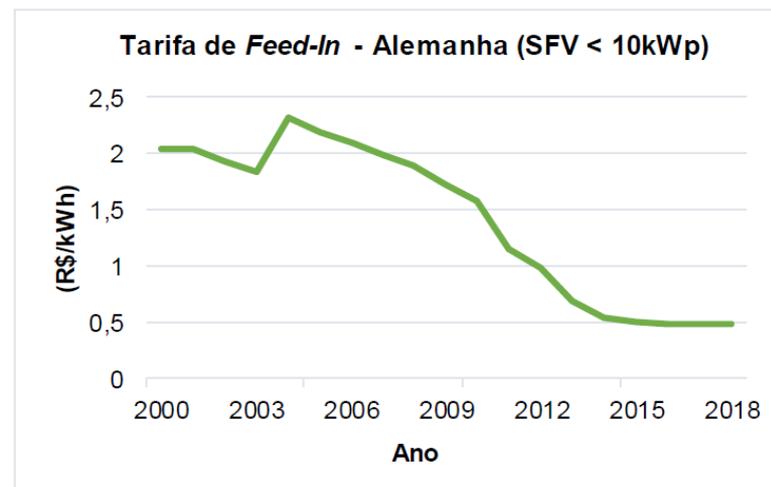
Fonte: CLOU Energy



# Aspectos Econômicos – Visão Mundial

## ↪ Alemanha

- O incentivo é dado através de um programa do Ministério Federal da Economia e Energia, que oferece um subsídio calculado a partir da potência instalada do sistema, juntamente com o KfW-Bank, o qual oferece taxas de juros especiais para o financiamento do sistema;
- Requisitos: injeção de potência na rede esteja limitada em 50% da potência instalada, devido aos problemas de sobrecarga da rede ocasionados pelo grande número de sistemas fotovoltaicos já instalados, e que o sistema esteja registrado em um programa nacional de monitoramento das instalações;
- Tarifas de *feed-in* caíram 76% desde 2000;
- 52.000 instalações em operação
- 95% dos sistemas usam baterias de lítio-íon



Evolução da tarifa de *feed-in* na Alemanha (2000-2018)

# Aspectos Econômicos – Visão Mundial

## ↪ Itália

- Índices de radiação solar elevados
- 7º maior custo de energia residencial da Europa
- Redução de 50% nos impostos para SF's instalados com baterias
- 8.000 instalações em 2017

## ↪ Reino Unido

- Redução do VAT (Value-Added Tax) sobre baterias quando vendidas junto a SF's de 20% para 5%

## ↪ Austrália

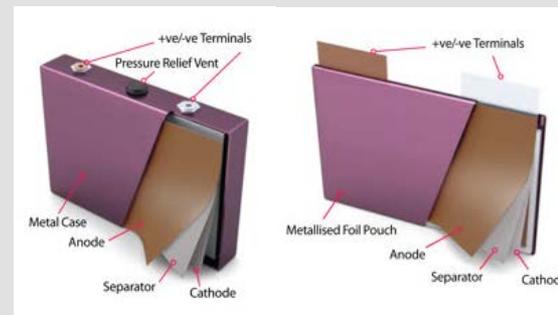
- Tarifa média de feed-in para sistemas residenciais é de 0,30 R\$/kWh, o que representa 38% do custo médio de energia (R\$ 0,79kWh).

# Aspectos Técnicos

## Cilíndrica



## Prismática & Pouch



### Prós

- Menor custo por Wh
- Maior disponibilidade devido à maior produção em escala

- Formato variável
- Empacotamento mecânico simplificado e otimizado
- Maior capacidade (Ah)

### Contras

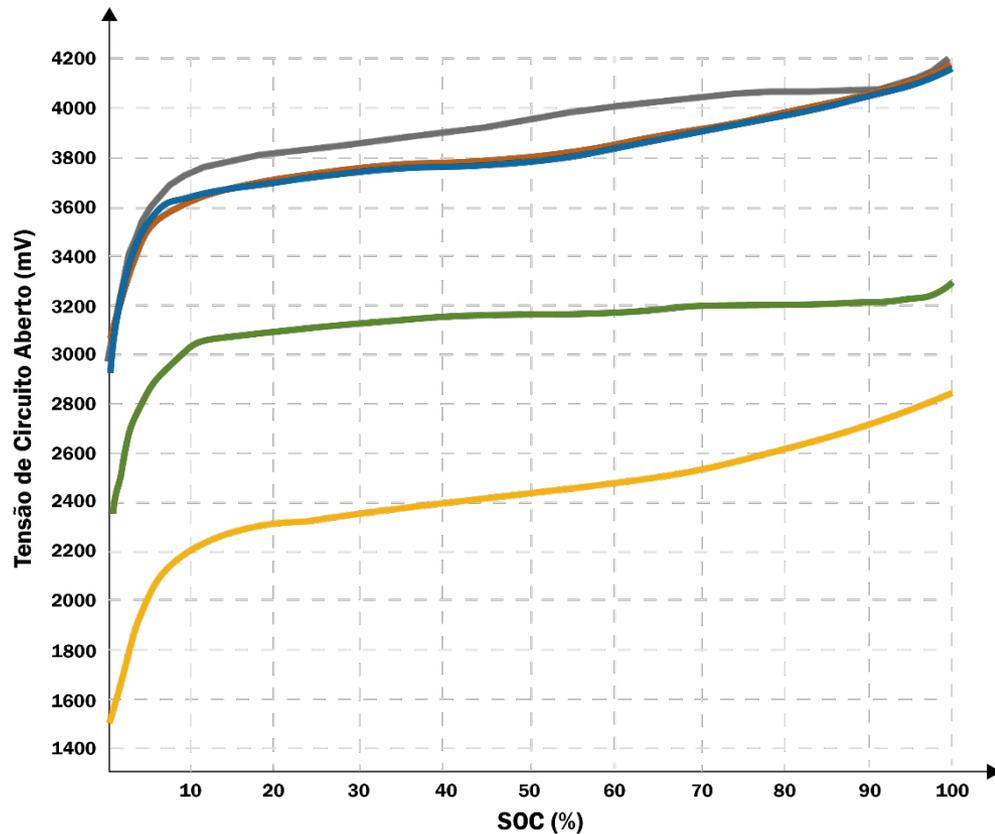
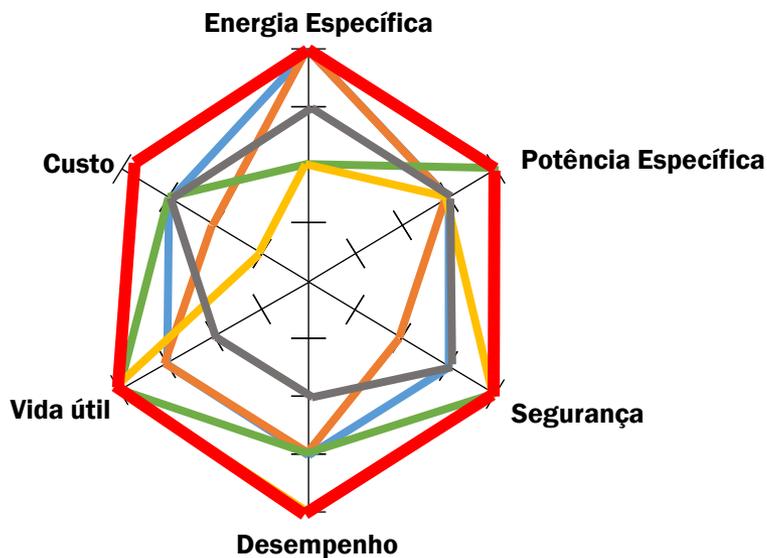
- Necessidade de utilizar muitas células
- Empacotamento mecânico mais complicado

- Gerenciamento térmico (Expansão durante recarga e descarga)
- Maior custo

# Aspectos Técnicos

	LMO	NCA	NMC	LFP	LTO
<b>Energia Específica (Wh/kg)</b>	100 - 150	200 - 260	150 - 220	90 - 120	70 - 80
<b>Tensão Nominal (V)</b>	3,8	3,6	3,6	3,2	2,4
<b>Tensão de operação (V)</b>	3,0 - 4,2	3,0 - 4,2	3,0 - 4,2	2,5 - 3,65	1,8 - 2,85
<b>Vida útil média (Ciclos)</b>	300 - 700	500 - 1000	500 - 1500	1500 - 3000	>5000
<b>Principais características e aplicações</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixo custo</li> <li>- Vida útil reduzida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior energia específica</li> <li>- Alto custo</li> <li>- Segurança deve ser redobrada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta capacidade e alta potência</li> <li>- Indicada para aplicações industriais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Curva de descarga "flat"</li> <li>- Indicada para aplicações estacionárias</li> <li>- Elevada taxa de auto descarga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevado número de ciclos e altos picos de corrente</li> <li>- Bom desempenho em baixas temperaturas</li> <li>- Baixa densidade de energia</li> <li>- Alto custo</li> </ul>

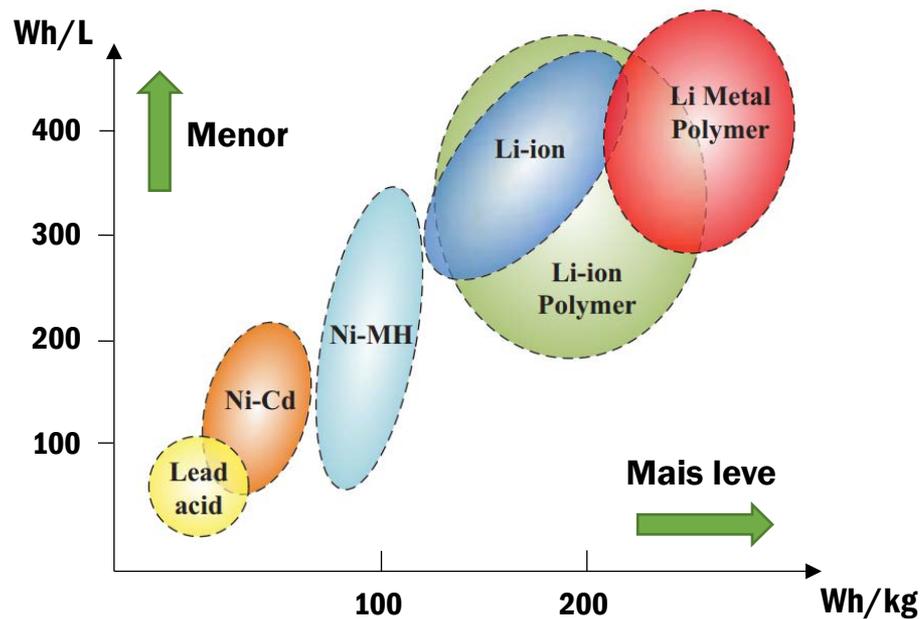
# Aspectos Técnicos



# Aspectos Técnicos

- **Vantagens**

- **Alta densidade de energia**



Densidade energética para diferentes tecnologias de baterias

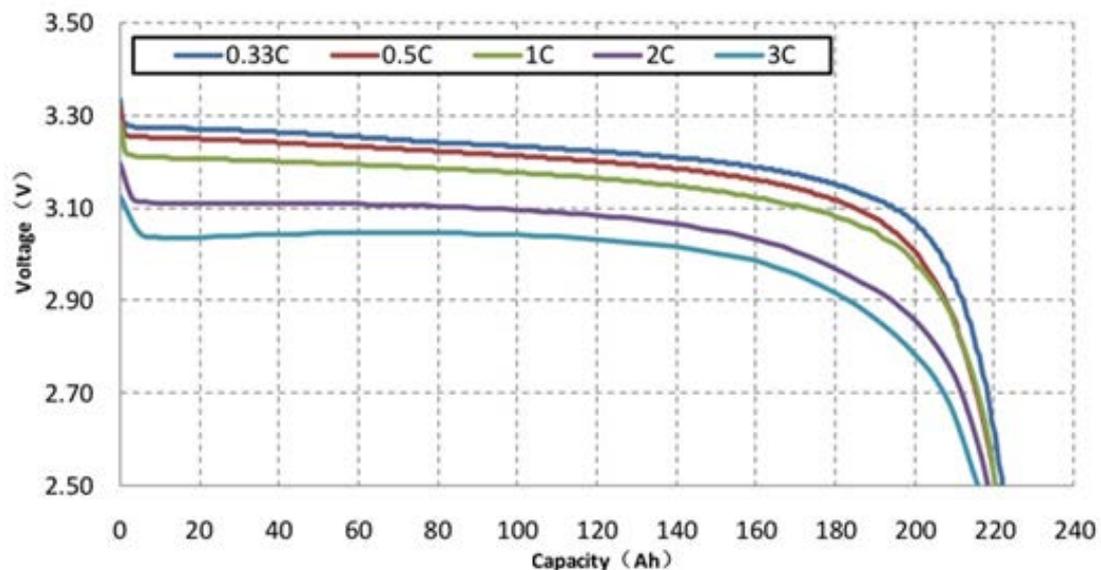
# Aspectos Técnicos

- **Vantagens**

- **Alta densidade de energia**
- **Recarga e descarga rápida (1C ou mais)**



*EV Fast-charger*

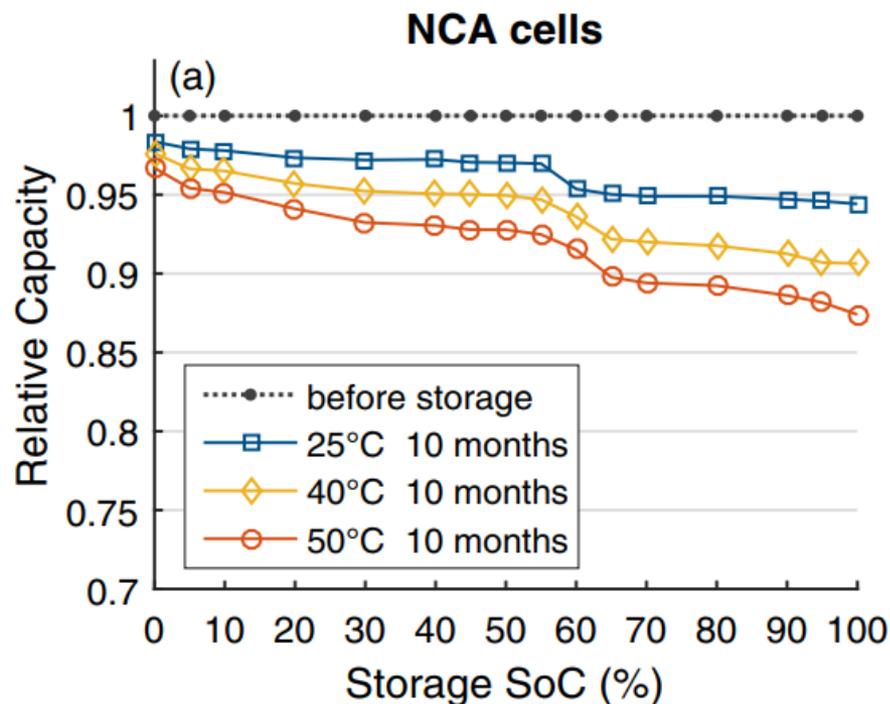


*Curvas de descarga para diferentes C-rates – LFP*

# Aspectos Técnicos

- **Vantagens**

- **Alta densidade de energia**
- **Recarga e descarga rápida (1C ou mais)**
- **Baixas perdas de capacidade durante armazenamento**

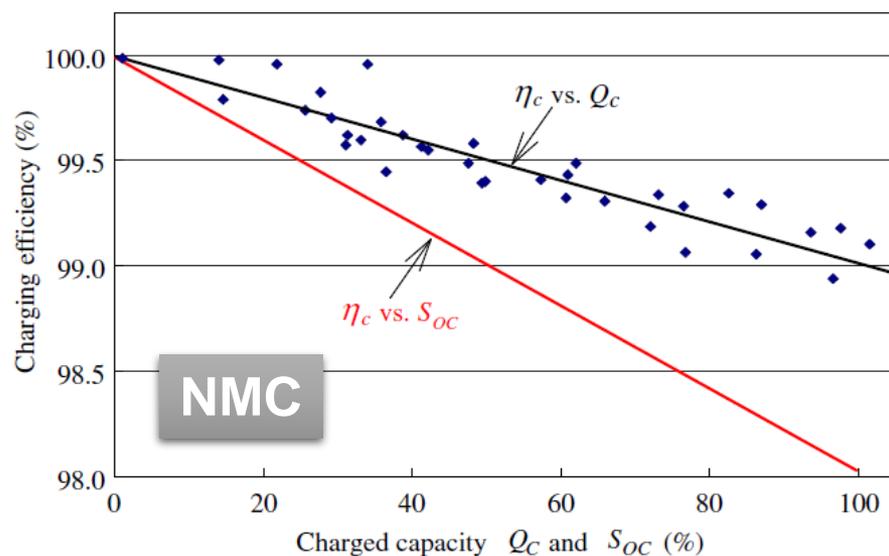


*Perda de capacidade após 10 meses de armazenamento com diferentes SoCs e temperaturas*

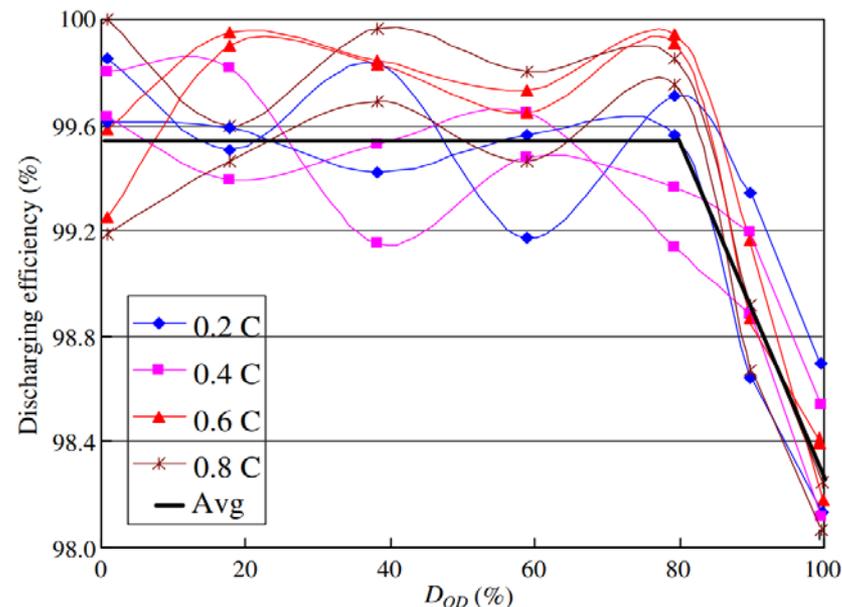
# Aspectos Técnicos

## • Vantagens

- Alta densidade de energia
- Recarga e descarga rápida (1C ou mais)
- Baixas perdas de capacidade durante armazenamento
- Alta eficiência - (96% Roundtrip)



Eficiência de recarga para diferentes SoCs e capacidades

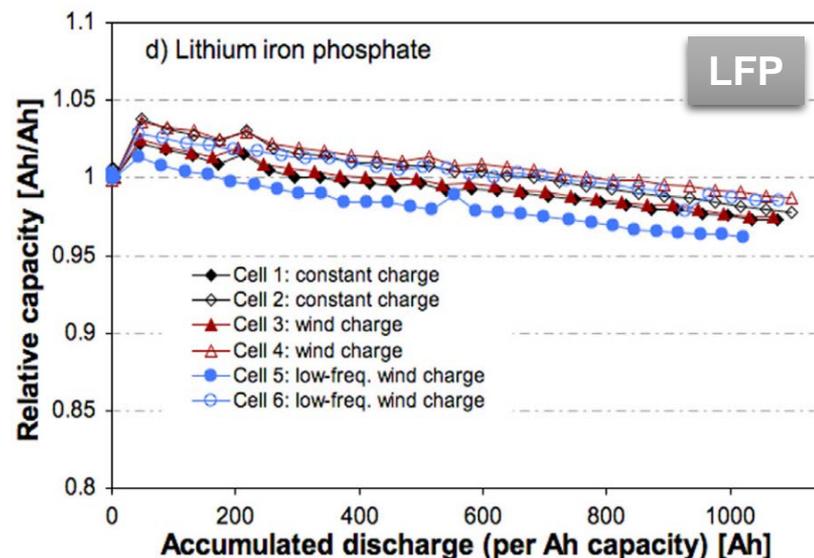
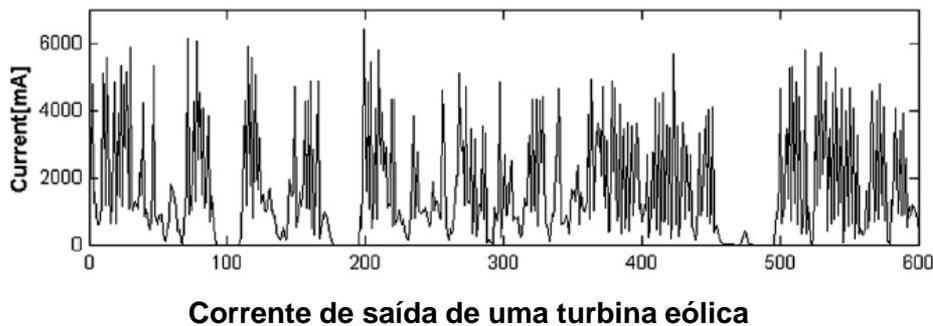


Eficiência de descarga para diferentes DoDs e C-rates

# Aspectos Técnicos

## • Vantagens

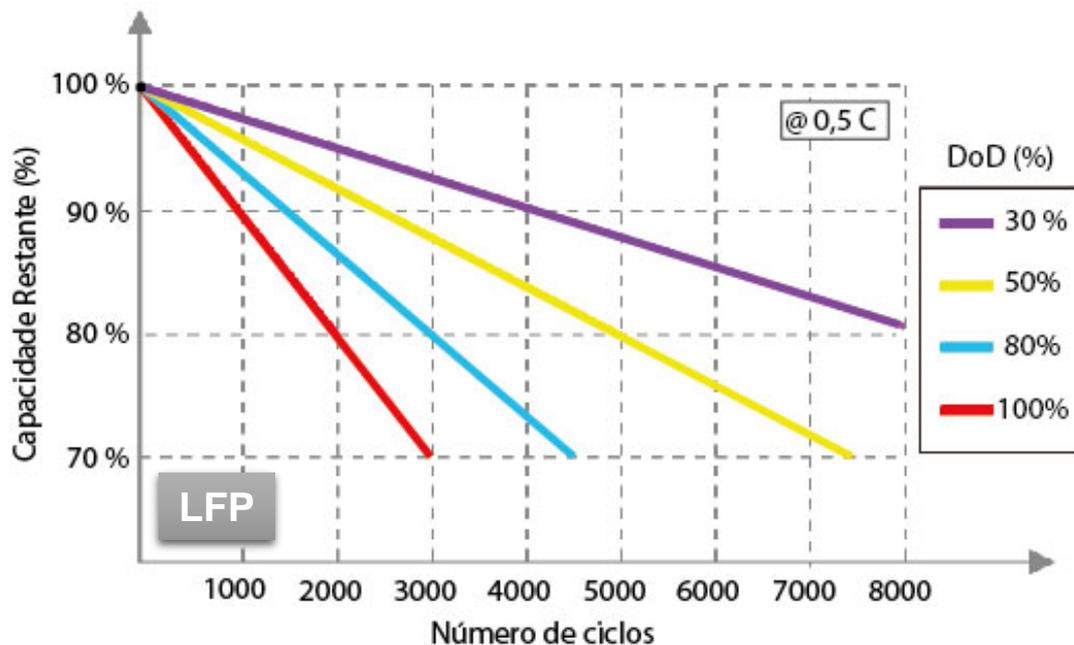
- Alta densidade de energia
- Recarga e descarga rápida (1C ou mais)
- Baixas perdas de capacidade durante armazenamento
- Alta eficiência - (96% Roundtrip)
- Bom desempenho para estados parciais de carga



# Aspectos Técnicos

## • Vantagens

- Alta densidade de energia
- Recarga e descarga rápida (1C ou mais)
- Baixas perdas de capacidade durante armazenamento
- Alta eficiência - (96% Roundtrip)
- Bom desempenho para estados parciais de carga
- Vida útil elevada e não tem “efeito memória”



# Aspectos Técnicos

- **Vantagens**

- **Alta densidade de energia**
- **Recarga e descarga rápida (1C ou mais)**
- **Baixas perdas de capacidade durante armazenamento**
- **Alta eficiência - (96% Roundtrip)**
- **Bom desempenho para estados parciais de carga**
- **Vida útil elevada e não tem “efeito memória”**

- **Desvantagens**

# Aspectos Técnicos

- **Vantagens**

- **Alta densidade de energia**
- **Recarga e descarga rápida (1C ou mais)**
- **Baixas perdas de capacidade durante armazenamento**
- **Alta eficiência - (96% Roundtrip)**
- **Bom desempenho para estados parciais de carga**
- **Vida útil elevada e não tem “efeito memória”**

- **Desvantagens**

- **Custo elevado**

# Aspectos Técnicos

## • Vantagens

- Alta densidade de energia
- Recarga e descarga rápida (1C ou mais)
- Baixas perdas de capacidade durante armazenamento
- Alta eficiência - (96% Roundtrip)
- Bom desempenho para estados parciais de carga
- Vida útil elevada e não tem “efeito memória”

## • Desvantagens

- Custo elevado
- Restrições no transporte

Lithium Ion Batteries  
UN3480, P.I. 965

### Section IB

Acceptable to dangerous goods locations if UN3480 is not prohibited.\*\*

Cells equal to or less than 20Wh; and Batteries equal to or less than 100Wh

- Shipper's Declaration required in net weight KG.
- Strong rigid outer packaging
- Class 9 label required (See Figure 1)
- Completed IATA Lithium Battery Label and required CAO Label(See Figure 2 and 3)
- Dangerous goods surcharge
- Dangerous goods markings including net weight when required
- IB on Shippers Declaration after packing Instruction
- 4 new bullets of information required on the shipper's declaration or alternate documentation as per packing instructions.
- State of charge (SoC) not exceeding 30% of their rated design capacity for cells and batteries without competent authority approval of both the state of origin and state of the operator

Limit per package:  
CAO = 10kg

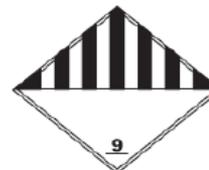


Figure 1



Figure 2 \*

\* Shipper must complete phone number portion of label.



Figure 3

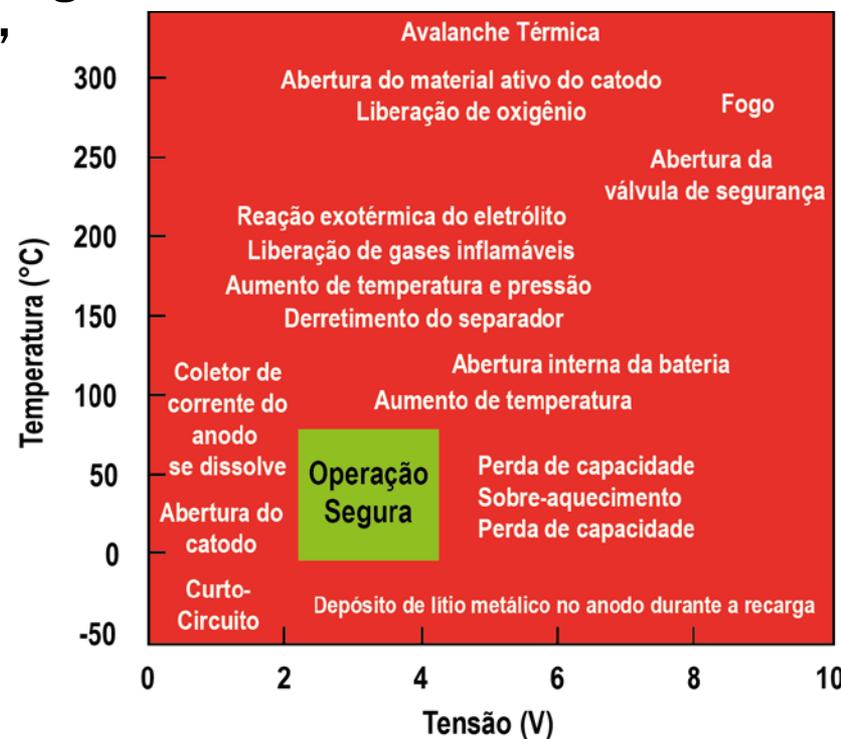
# Aspectos Técnicos

## • Vantagens

- Alta densidade de energia
- Recarga e descarga rápida (1C ou mais)
- Baixas perdas de capacidade durante armazenamento
- Alta eficiência - (96% Roundtrip)
- Bom desempenho para estados parciais de carga
- Vida útil elevada e não tem “efeito memória”

## • Desvantagens

- Custo elevado
- Restrições no transporte
- Não pode operar sem um BMS



# Aspectos Técnicos | BMS (Battery Management System)

## • Descrição

Sistema eletrônico analógico/digital para gerenciamento de energia de baterias recarregáveis

## • Funções

➔ Monitoramento de variáveis (V, I e T)

➔ Balanceamento das células

➔ Controle e gerenciamento de energia

➔ Estimativa de parâmetros

➔ Cálculo de capacidade

➔ Subutilização

➔ Sobrecarga

➔ Capacidade não utilizada

➔ Balanceamento passivo

➔ Balanceamento ativo

➔ Time

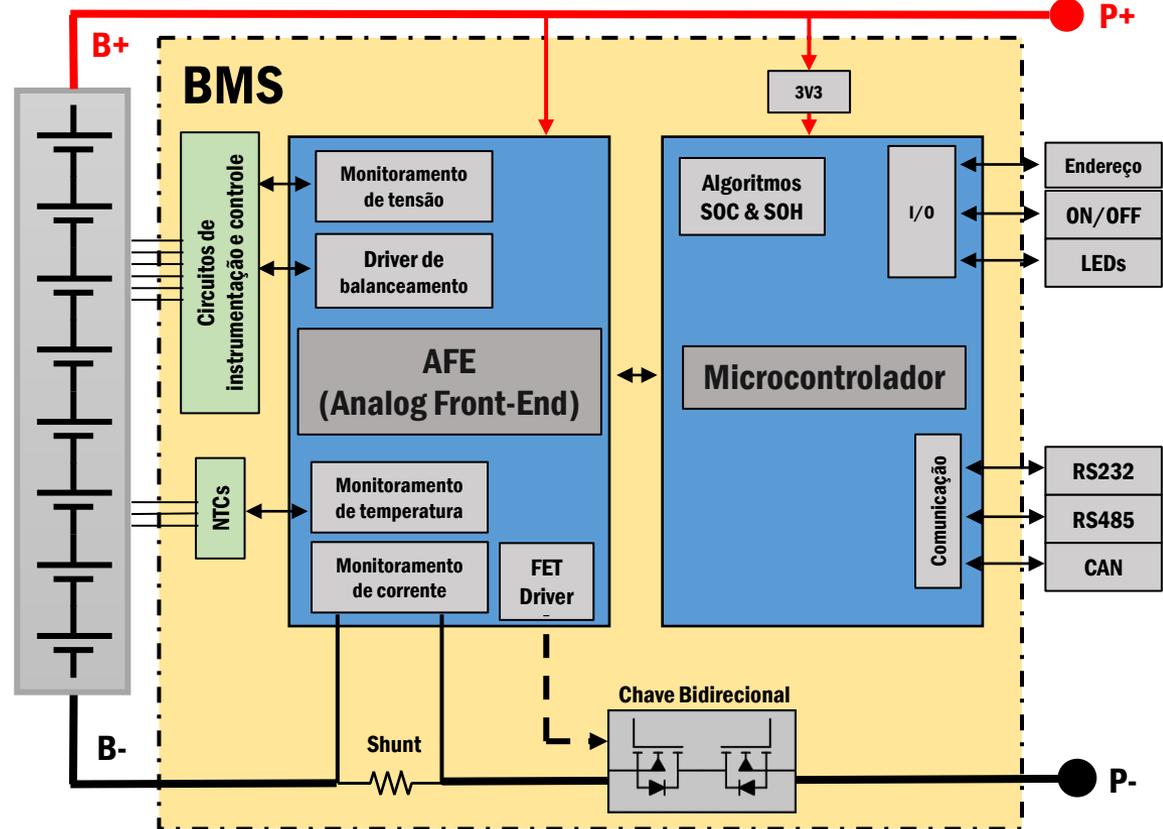
➔ V1

➔ V2

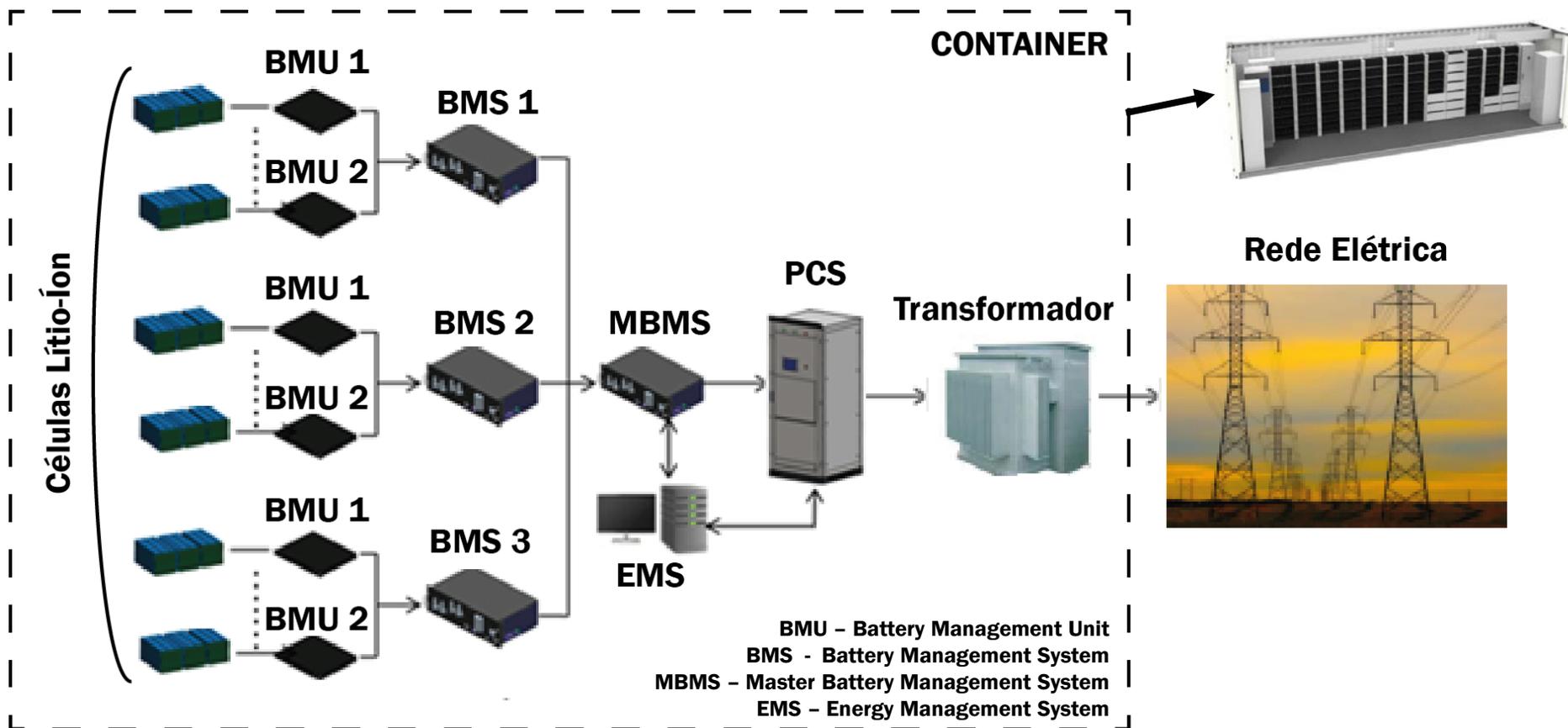
➔ V3

➔ Q1

➔ Q2



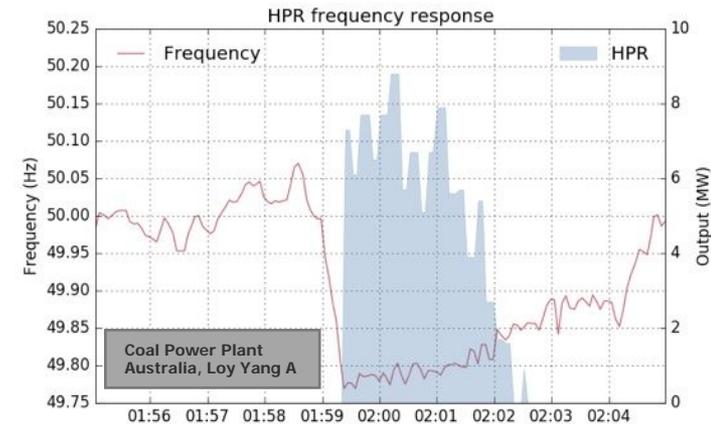
# Aspectos Técnicos | Energy Storage System



# Aspectos Regulatórios | Serviços ancilares

## ↪ Serviços ancilares:

- Regulação de tensão (Controle de Potência Reativa)
- Regulação de frequência (Controle de Potência Ativa)
- Low-voltage ride-through (LVRT)



↪ **Falta a ANEEL disponibilizar uma REN (Resolução Normativa) que trate este assunto**  
- A precificação dos valores destes serviços irá criar oportunidades de mercado

↪ **A Chamada 21 tem duração de 4 anos e irá subsidiar as ações do governo com relação ao armazenamento de energia**

# Aspectos Regulatórios

## ↪ IEC 62620 – Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes Secondary **lithium cells** and batteries for use in industrial applications

- Discharge performance (@ 25°C)
- Discharge performance at low temperature
- High rate permissible current
- Charge (capacity) retention and recovery
- Internal DC resistance
- Endurance in cycle
- Endurance in storage at constant voltage

Status: Em processo de tradução e análise pela CE.0003.021.002 - Comissão de Baterias Estacionárias

## ↪ IEC 62619 – Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes Safety Requirements for secondary **lithium cells** and batteries for use in industrial applications

- External and internal short-circuit
- Impact and drop test
- Thermal abuse
- Overcharge (Voltage and current control)
- Forced discharge
- Overheating
- Propagation test

Status: Em processo de tradução e análise pela CE.0003.021.002 - Comissão de Baterias Estacionárias

# Aspectos Regulatórios

## ↪ IEC 61427-1 – Secondary cells and batteries for renewable energy storage – General requirements and methods of test – Part 1: Photovoltaic off-grid application

**Tecnologias: (Chumbo-ácido, NiCd, Ni-MH e Lítio-íon)**

- Nominal capacity
- Generic cycling endurance test
- Charge retention
- Cycling endurance test in photovoltaic applications (extreme conditions)

**Status: Em processo de tradução e análise pela CE.0003.021.002 - Comissão de Baterias Estacionárias**

## ↪ IEC 61427-2 – Secondary cells and batteries for renewable **energy storage** – General requirements and methods of test – Part 2: On-grid applications

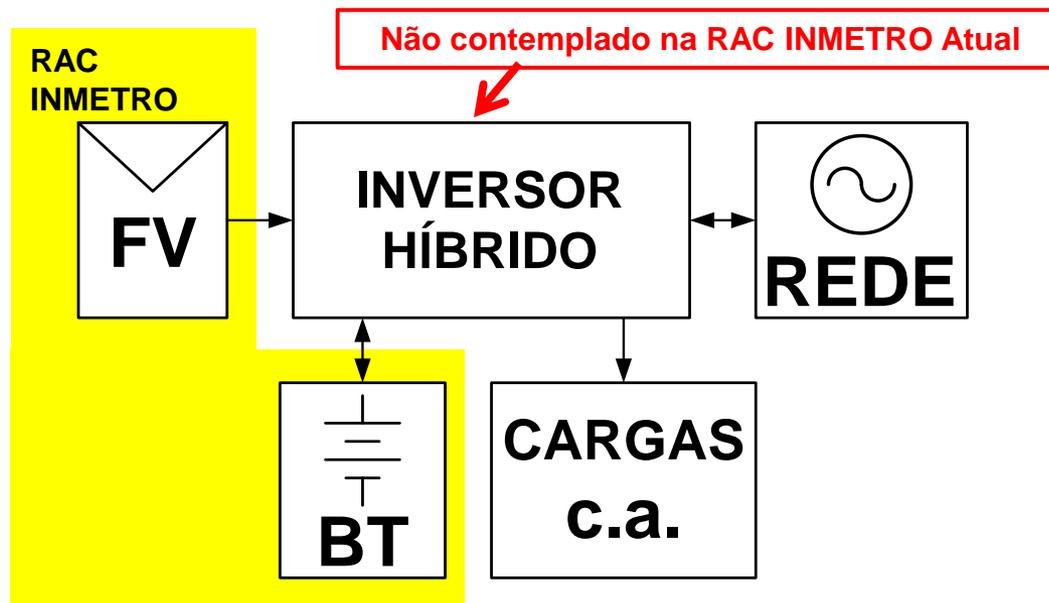
- Endurance in frequency-regulation service
- Endurance in load-following service
- Endurance in peak-power shaving servisse
- Endurance in time-shift service
- Energy content at 25 °C ambient temperature
- Energy efficiency during endurance tests at 25°C ambient temperature
- Energy efficiency during endurance tests at the minimum and maximum ambient temperature
- Waste heat generated during endurance tests at the maximum ambient temperature
- Determination of energy requirements during periods of idle state at 25°C ambient temperature

**Status: Previsão de tradução e análise em 2019**

# Aspectos Regulatórios

## ↳ Inversores híbridos para aplicação residencial

- **CE03:82.01** – Comissão de estudos de sistemas fotovoltaicos da ABNT/COBEI está iniciando a discussão para criação de uma norma para inversores híbridos com armazenamento de energia
- Nova RAC Inmetro que contempla inversores híbridos e baterias já deveria ter entrado em consulta pública



# Aspectos Regulatórios | Tarifa Branca

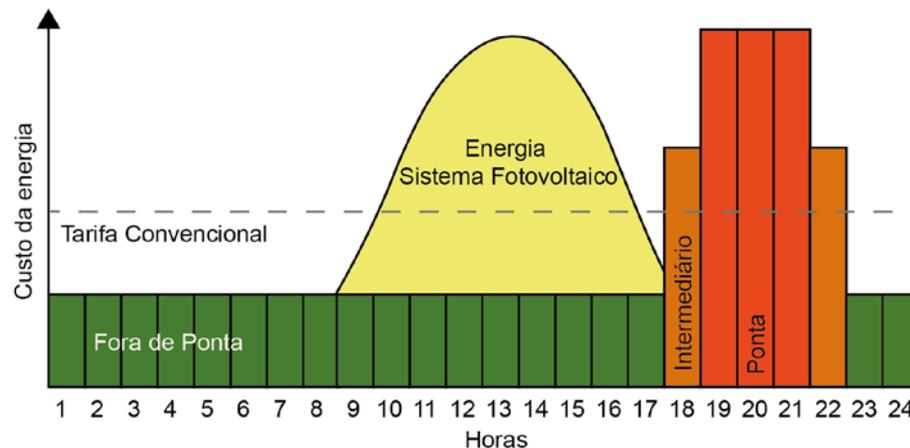
## ↳ Consumidores - Grupo B

### ↳ 3 fases de implementação:

- 2018 - Novas ligações e unidades consumidoras com consumo médio mensal de 500 kWh
- 2019 - Unidades consumidoras com consumo médio mensal de 250 kWh
- 2020 - Todas unidades consumidoras

## ↳ Tarifas

Tarifas Médias (Sem Impostos)	
Convencional	R\$ 0,50
Ponta	R\$ 1,00
Intermediário	R\$ 0,63
Fora Ponta	R\$ 0,38



# Aspectos Econômicos | Baterias – Total Cost to Ownership (TCO)



## Parâmetros da aplicação

- Energia/Potência: 1 MWh
- 3500 ciclos
- Eficiência do inversor: 96 %

	DoD	Densidade	Custo	Energia Necessária	Custo Total
<b>OPZs (Elemento – 2V)</b>	30 %	25 Wh/Kg	R\$1,50/Wh	3,47 MWh	R\$ 5.208.000
<b>Lítio-íon</b>	80 %	98 Wh/Kg	R\$3,50/Wh	1,30 MWh	R\$ 4.557.291

**Lítio-íon: 14% mais barata**

# Conclusões

- ↪ **A queda nos preços das baterias de lítio-íon tende a viabilizar a inserção massiva de fontes renováveis intermitentes**
- ↪ **O Brasil ainda carece de normas que tratem de sistemas com armazenamento de energia levando em conta as especificações técnicas locais**
- ↪ **Os resultados dos projetos de P&D da Chamada 21 serão extremamente importantes para as definições técnicas e comerciais destes sistemas;**
- ↪ **TCO das baterias chumbo-ácido ventiladas (OPZs) quando comparadas as baterias de lítio-íon é 14% maior para as mesmas condições de operação e ciclagem;**



# Obrigado

**Ildo Bet**

**ildo@phb.com.br**

**engenharia@phb.com.br**

# Referências

- ANEEL (2017) 'Nota Técnica n° 0056/2017-SRD'.
- 'Bloomberg New Energy Finance's - Electric Vehicle Outlook 2017' (2017), (July).
- CLOU Energy (no date) *Solutions for Renewable Energy Integration*. Available at: [http://www.clouenergy.com/solution/By\\_topic.jsp](http://www.clouenergy.com/solution/By_topic.jsp) (Accessed: 11 August 2017).
- *Conservation in a Changing Climate - Why is it Important to Plan for Climate Change?* (no date). Available at: <https://climatechange.lta.org/get-started/plan/why-plan-for-climate-change/>.
- Electropedia (no date) *Lithium Battery Failures*. Available at: [http://www.mpoweruk.com/lithium\\_failures.htm](http://www.mpoweruk.com/lithium_failures.htm) (Accessed: 11 August 2017).
- EPE (2016) 'Projeção da demanda de energia elétrica'.
- EPEC (no date) *Comparison of Energy Density in Battery Cells*. Available at: <http://www.epectec.com/batteries/cell-comparison.html> (Accessed: 11 August 2017).
- FDG (no date) *Discharge Characteristics SP-LFP200AHA*. Available at: [http://www.fdgev.com/en/sp\\_lfp\\_200aha/](http://www.fdgev.com/en/sp_lfp_200aha/) (Accessed: 11 August 2017).
- FedEx (2016) *Lithium Ion batteries*.
- Keil, P., Schuster, S. F., Travi, J., Hauser, A., Karl, R. C. and Jossen, A. (2016) 'Calendar Aging of Lithium-Ion Batteries Impact of the Graphite Anode on Capacity Fade', 163(9), pp. 1872–1880. doi: 10.1149/2.0411609jes.
- Krieger, E. M., Cannarella, J. and Arnold, C. B. (2013) 'A comparison of lead-acid and lithium-based battery behavior and capacity fade in off-grid renewable charging applications', *Energy*. Elsevier Ltd, 60, pp. 492–500. doi: 10.1016/j.energy.2013.08.029.
- Liebreich, M. (2015) 'Bloomberg New Energy Finance Summit 2015', (April).
- McCormick, C., Rowlands-rees, T., Izadi-najafabadi, A., Goldie-scot, L. and Vickers, B. (2015) 'Distributed Solar and Storage - ICEF Roadmap 1.0', pp. 0–65.
- NetService - Data Center (no date). Available at: <http://www.netsevice.com.br/solucao/data-center/>.
- Sinexcel - EV Fast Charger (no date). Available at: <http://sinexcel.com/en/list-4.html>.
- Soon, K., Moo, C., Chen, Y. and Hsieh, Y. (2009) 'Enhanced coulomb counting method for estimating state-of-charge and state-of-health of lithium-ion batteries', *Applied Energy*. Elsevier Ltd, 86(9), pp. 1506–1511. doi: 10.1016/j.apenergy.2008.11.021.
- 'Texas Instruments - Battery Monitoring Basics' (2012), p. 52.
- University, B. (no date) *BU-205: Types of Lithium-ion*. Available at: [http://batteryuniversity.com/learn/article/types\\_of\\_lithium\\_ion](http://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion) (Accessed: 11 August 2017).
- Vaneck (no date) *Evolving Economics of Electric Vehicle Batteries: Part 1*. Available at: <https://www.vaneck.com/uploadedImages/blogs/blog-images/chart-b-comparison-lithium-ion-battery-form-factors.jpg> (Accessed: 11 August 2017).
- ZSW (no date) *Modelling and simulating decentralised generators in the electricity grid*. Available at: <https://www.zsw-bw.de/en/leistung/photovoltaik/modelling-and-simulating-decentralised-generators-in-the-electricity-grid.html>.