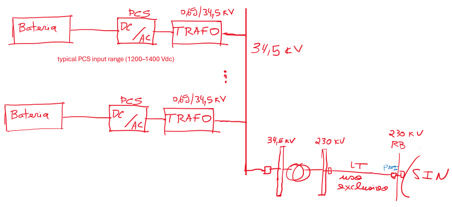
Material importante desenvolvido no Whiteboard da Microsoft



typical PCS input range (1200–1400 Vdc)

Cell = 3.2 Vcc / 280Ah

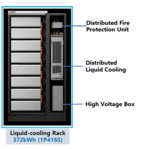
Logo, E = 896 Wh

52 cel. em série faz um Módulo

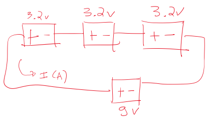
$52 \times 3.2V \cong 166.4\ Vcc$

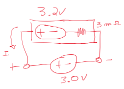
8 módulos em série faz 1 Rack

$8 \times 166.4 \cong 1331\ Vcc$



Liquid-cooling Rack
372kWh (1P416S)





$I = \frac{0.2}{0.003} \cong 6.67A$

$P \cong 3.0 \times 6.67 \cong 20\ W$

$20 \times 3 \cong 60\ W$

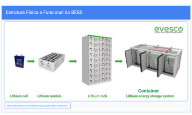
$P = 9_V \times 6.67_A \cong 60\ W$

8 módulos em série
cada módulo tem 52 células em série

$8 \times 52 = 416$ células em série

$416 \times 896\ Wh \cong 372,7\ kWh$

Conexão dos Racks


Estrutura Física e Funcional do BESS

Racks são conectados em paralelo.

Containers NÃO aumentam a tensão colocando racks em série. Por quê?

Porque o range da tensão de entrada do PCS é fixa (ex.: 1000–1500 Vcc) por causa dos limites de segurança e isolamento. Portanto o rack define a tensão CC; e o container aumenta a energia por meio de racks em paralelo.

Nota de Segurança: 1000 Vdc é o padrão comum em grandes sistemas de energia solar fotovoltaica e em baterias de carros elétricos. Nunca manipule esses sistemas sem treinamento técnico e equipamentos de proteção individual (EPIs) adequados, como luvas de alta isolação.

3.68 MWh c/ DD = 2h (LFP)

(PARALELISMO DE RACKS)

Quantos racks em Paralelo p/ atingir
→ 3.68 MWh ?
→ 5.2 MWh ?

Cada Rack tem 373 kWh

$\frac{3680}{373} \cong 10$ Racks

$\frac{5200}{373} \cong 14$ Racks

BESS Container Sizes

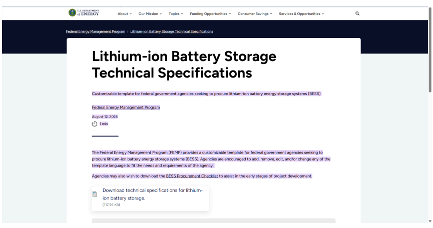
Contêiner padrão de 10 pés

211 kWh e 422 kWh.

Contêiner cubo padrão de 20 pés

633 kWh, 1056 kWh, 1520 kWh e 2280 kWh.

https://www.cummins.com/pt-br/generators/battery-energy-storage-systems/product-overview#:~:text=Offered%20in%20two%20architectural%20designs,improving%20performance%20and%20extending%20lifespan.



Federal Energy Management Program › Lithium-ion Battery Storage Technical Specifications

Lithium-ion Battery Storage Technical Specifications

Customizable template for federal government agencies seeking to procure lithium-ion battery energy storage systems (BESS).

Federal Energy Management Program

August 12, 2025

1 min

The Federal Energy Management Program (FEMP) provides a customizable template for federal government agencies seeking to procure lithium-ion battery energy storage systems (BESS). Agencies are encouraged to add, remove, edit, and/or change any of the template language to fit the needs and requirements of the agency.

Agencies may also wish to download the BESS Procurement Checklist to assist in the early stages of project development.

Download technical specifications for lithium-ion battery storage.
(117.95 KB)

Battery Energy Storage System Procurement Checklist

This checklist provides federal agencies with a standard set of tasks, questions, and reference points to assist in the early stages of battery energy storage systems (BESS) project development. The checklist items contained within are intended for use in procurement of commercial scale lithium-ion BESS, although they may be used more generally for other BESS technologies. During the more technical portions of BESS project development, agencies are encouraged to utilize FEMP's BESS Technical Specifications and Distributed Energy Interconnection Checklist.

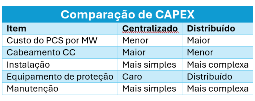
40ft BESS Container
Capacity range: ~1 MWh to 3.5 MWh (depending on cell type and cooling design)
Best suited for large-scale solar + storage, grid support, or factory peak shaving
Requires more space and stronger installation foundations

https://www.acebattery.com/blogs/bess-container-sizes-how-to-choose-the-right-…
www.acebattery.com

3.68 MWh c/ DD = 2h (LFP)

(PARALELISMO DE RACKS)

Centralized PCS Architecture vs String PCS Architecture



Comparação de CAPEX

Item	Centralizado	Distribuído
Custo do PCS por MW	Menor	Maior
Cabeamento CC	Maior	Menor
Instalação	Mais simples	Mais complexa
Equipamento de proteção	Caro	Distribuído
Manutenção	Mais simples	Mais complexa

Mitigação do Risco da Indisponibilidade (Qual a penalidade da Indisponibilidade?)
Como fica o atendimento dos critérios do Grid-forming do ONS?

Vamos continuar os cálculos colocando
1 PCS p/ cada container!

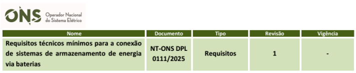
lembrando que a "cell" é 3.2V/280Ah
e você quer descarregar 120 MWh em 4 horas (30 MW)
Então a potência de cada PCS é

$$\frac{30}{24} \approx 1.25 \text{ MW}$$

O que deve ser levado em consideração...

Requisitos técnicos mínimos para a conexão de sistemas de armazenamento de energia via baterias

NT-ONS DPL 0111/2025


ONS Operador Nacional do Sistema Elétrico

Nome	Documento	Tipo	Revisão	Vigência
Requisitos técnicos mínimos para a conexão de sistemas de armazenamento de energia via baterias	NT-ONS DPL 0111/2025	Requisitos	1	-

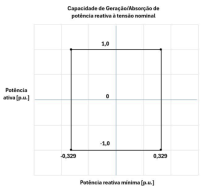
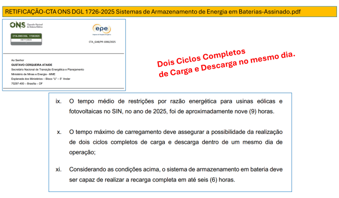


Figura 7 – Capacidade de geração/absorção de potência reativa à tensão nominal


RETIFICAÇÃO-CTA ONS DGL 1726-2025 Sistemas de Armazenamento de Energia em Baterias-Assinado.pdf

ONS Operador Nacional do Sistema Elétrico
CTA-ONS DGL 1726/2025
epe
CTA_GAB/PR 1006/2025

Ao Senhor
GUSTAVO CERQUEIRA ATAIDE
Secretário Nacional de Transição Energética e Planejamento
Ministério de Minas e Energia - MME
Esplanada dos Ministérios – Bloco "U" – 5° Andar
70297-400 – Brasília – DF

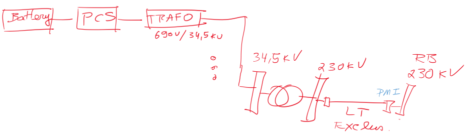
Dois Ciclos Completos de Carga e Descarga no mesmo dia.

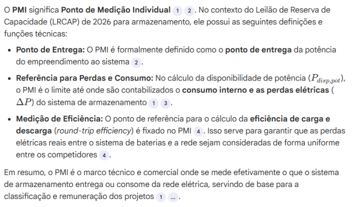
ix. O tempo médio de restrições por razão energética para usinas eólicas e fotovoltaicas no SIN, no ano de 2025, foi de aproximadamente nove (9) horas.

x. O tempo máximo de carregamento deve assegurar a possibilidade da realização de dois ciclos completos de carga e descarga dentro de um mesmo dia de operação;

xi. Considerando as condições acima, o sistema de armazenamento em bateria deve ser capaz de realizar a recarga completa em até seis (6) horas.

Resumindo

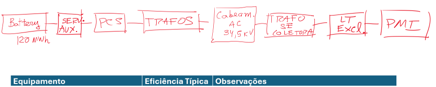



O **PMI** significa **Ponto de Medição Individual** 1 2. No contexto do Leilão de Reserva de Capacidade (LRCAP) de 2026 para armazenamento, ele possui as seguintes definições e funções técnicas:

- **Ponto de Entrega:** O PMI é formalmente definido como o **ponto de entrega** da potência do empreendimento ao sistema 2.
- **Referência para Perdas e Consumo:** No cálculo da disponibilidade de potência ($P_{disp,pot}$), o PMI é o limite até onde são contabilizados o **consumo interno e as perdas elétricas** (ΔP) do sistema de armazenamento 1 3.
- **Medição de Eficiência:** O ponto de referência para o cálculo da **eficiência de carga e descarga** (*round-trip efficiency*) é fixado no PMI 4. Isso serve para garantir que as perdas elétricas reais entre o sistema de baterias e a rede sejam consideradas de forma uniforme entre os competidores 4.

Em resumo, o PMI é o marco técnico e comercial onde se mede efetivamente o que o sistema de armazenamento entrega ou consome da rede elétrica, servindo de base para a classificação e remuneração dos projetos 1 ….

Perdas?



Equipamento	Eficiência Típica	Observações
Bateria (Célula DC-DC)	95%	Perdas internas por resistência e reações químicas (RTE químico).
PCS (Inversor/Conversor)	98%	Perdas de chaveamento (IGBTs) e condução.
TRAFOS (690V / 34,5kV)	97%	Perdas no ferro (fixas) e no cobre (variáveis com a carga).
TRAFO SE Coletora	97%	Transformadores de potência maiores tendem a ser mais eficientes.
LT Excl. (Linha de Transmissão)	98%	Depende da extensão, mas para LTs curtas de conexão, a perda é baixa.
Consumo Auxiliar (HVAC/BMS)	2% - 5%	Crucial: Energia gasta para resfriar as baterias (ar-condicionado).

Augmentation

"AC Augmentation" (AC-side Augmentation)

comprar um container completo (bateria, sistemas auxiliares e PCS)

Os empreendores (proprietários do BESS) já contratam o Augmentation com o fornecedor inicial dos equipamentos ou não??

Enquanto aguardamos a decisão do MME sobre o LRCAP-Armazenamento, vale a pena refletir sobre um dos temas mais sensíveis nas negociações atuais de contratos de BESS: Augmentation. Essa discussão tem aparecido com frequência nas mesas de negociação — e não por acaso. A forma como o Augmentation é realizada impacta diretamente o risco do projeto, o financiamento e, no fim do dia, a rentabilidade do investimento.

De forma simplificada, podemos organizar as estratégias em três modelos principais.

1 - Modelo LTSA (Long-Term Service Agreement)
Aqui o empreendedor não contrata apenas o sistema, mas uma garantia de performance energética (MWh) por 15 ou 20 anos. O fornecedor (Tesla, Fluence, Moura, WEG) assume a responsabilidade de manter, por exemplo, 120 MWh disponíveis no PMI ao longo de todo o contrato. Cabe ao fornecedor decidir quando e quanto de bateria deve ser adicionada. O custo do Augmentation já está embutido em uma taxa anual (OpEx). Esse modelo é hoje o mais adotado, especialmente porque reduz incertezas para os financiadores. Bancos preferem previsibilidade de custo a exposição futura ao preço do lítio. O empreendedor só tem que ter cuidado para que a penalidade contratual (fornecedor não entregar os 120 MWh no PMI) esteja bem calibrada.

2 - Modelo de Preço Indexado (Option Agreement)
Nesse caso, o empreendedor adquire o sistema inicial e firma uma opção de compra futura para os containers de expansão (baterias, auxiliares e PCS). A execução pode ocorrer, por exemplo, no ano 5 ou 10, mas o preço é indexado a um indicador de mercado — como o carbonato de lítio. O empreendedor aposta na tendência histórica de queda de preços via ganho de escala e avanço tecnológico. É uma estratégia que mantém flexibilidade, mas preserva o vínculo com o fornecedor original.

3 - Modelo Merchant (Independência Tecnológica)
Aqui não há contratação antecipada nem opção futura. O empreendedor, no momento do Augmentation, pode realizar uma nova licitação e até contratar outro fabricante. Quando falamos de "AC Augmentation" a integração elétrica ocorre em média tensão (por exemplo, 34,5 kV), o que permite essa independência tecnológica. Se daqui a alguns anos a "Empresa A" estiver falida ou a sua tecnologia obsoleta ou cara, o empreendedor pode fazer o Augmentation com a "Empresa B". Nesse caso, o empreendedor assume o risco de integração do EMS (Energy Management System) com o PCS de fornecedor diferente. Mas não há o risco de integração do PCS com o BMS, que geralmente são protocolos de comunicação proprietários.

Independentemente do modelo escolhido, o ponto central é compreendermos onde o risco está sendo alocado — e se ele está sendo precificado corretamente.

Resumo

Toda Bateria quando sai da Fábrica já começa a degradar (Power Fade)!!!

→ Calendar Aging

↳ Cycling Aging

1) Calendar Aging

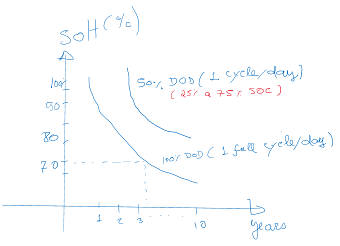
Even if a utility system doesn't cycle at all, it might lose 5–10% of its health over 20 years just from "Calendar Aging." Operators must keep the batteries cool to minimize this.

2) Cycling Aging

Battery degradation modeling is extremely complex as it is highly non-linear. It depends on a few parameters like: 1) C-rate; 2) energy throughput; 3) calendar life; 3) cell temperature; 4) Depth of Discharge (DoD); 4) cycle average; and 5) center SoC (these are all just terms that affect the lifecycle of a battery system).

In utility-scale storage, the financial success of a project depends on the battery lasting 15–20 years. However, every project has a different "profile" (how often it charges/discharges). One project might do "Energy Arbitrage" (one big cycle a day), while another does "Frequency Regulation" (hundreds of tiny, fast pulses). Because batteries degrade differently under these profiles.

https://www.energy-storage.news/grid-tied-battery-lifecycle-estimation-the-achilles-...
www.energy-storage.news



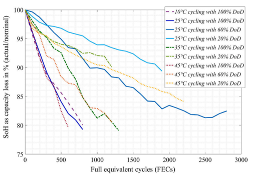


Fig. 6. SoH variation with FEC for different temperatures and DoD (DoD) limits [90].

Vignesh S *et al.*, **"State of Health (SoH) estimation methods for second life lithium-ion battery—Review and challenges"**, Applied Energy, Volume 369, 2024, https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123542.

If a contract says "50% DoD," it usually refers to the **total energy throughput** allowed per day. However, a smart BESS controller will almost always prefer to operate in the **75% -> 25%** range (the "sweet spot") if the application allows it, because it maximizes the cycle life of the asset.

Lithium-ion battery OEM (Original Equipment Manufacturer) CATL's claim, that its latest BESS product has no degradation for the first five years of use, has provoked much discussion across the industry, with some sceptical of its merits.

The China-based firm made the claim a week ago about its new grid-scale battery energy storage system (BESS) DC block product, Tener, which has 6.25MWh of energy per 20-foot container.

Lithium-ion battery cells typically degrade – lose their energy storage capacity – by 10-20% in the first five years of operation which is then offset by adding new units to maintain capacity, otherwise known as augmentation. If true, the breakthrough has huge ramifications for energy storage applications and the technology's cost-effectiveness.

April 22, 2024
https://www.energy-storage.news/industry-reacts-catl-zero-degradation-tener-battery-storage/#:~:text=Lithium%2Dion%20battery%20cells%20typically%20degrade%20%E2%80%93%20lose,to%20maintain%20capacity%2C%20otherwise%20known%20as%20augmentation.

O CATL TENER é um sistema de armazenamento de energia (ESS) de última geração, lançado em 2024 (e atualizado para 9MWh no TENER Stack em 2025), oferecendo capacidade de 6,25 MWh a 9MWh em contêineres de 20 pés, com degradação zero nos primeiros 5 anos, alta segurança, resfriamento líquido e ciclos de vida longos, focado em aplicações industriais e de serviços públicos. CATL +3

Principais Características e Vantagens:

- **Capacidade e Eficiência:** O TENER Stack alcança 9MWh, projetado para otimizar o espaço (45% melhor utilização) e aumentar a densidade energética em 50%.
- **Vida Útil e Performance:** Promete degradação zero nos primeiros 5 anos, ideal para longos períodos de operação.
- **Segurança:** Utiliza tecnologias de eletrólito auto-montado e SEI biomimético, com detecção 40% mais sensível e resposta a incêndios 35% mais rápida.
- **Versatilidade:** Projetado para funcionar em condições extremas (temperaturas de -40°C a 60°C) e atende a padrões de transporte globais (menos de 36 toneladas).
- **TENER Flex:** Uma versão flexível do sistema, ideal para projetos menores ou áreas com limitações de espaço, suportando inversores de 600V a 1500V. CATL +4

Capability vs. Reality

When a supplier guarantees 100% DoD, they are saying the system is engineered to handle a full swing from SoC_{max} to $SoC_{\min}$ without violating the warranty.

In fact:

- **The "Buffer":** Most Battery Energy Storage Systems (BESS) have "installed capacity" vs. "usable capacity". A 100% DoD guarantee usually applies to the **usable** range. The system has a software-locked buffer (e.g., the physical battery is at 5%, but the UI shows 0%) to prevent chemical instability.
- **The Stress Factor:** While 100% DoD is stressful, other factors like **high C-rates** (charging/discharging very fast) or **high ambient temperatures** are often more "stressful" to the battery's long-term health than the depth of the cycle itself.

---

pv magazine
energy storage
Search
Newsletter
News & Analysis
About Us
Advertise

CATL's Tener Stack debuts in Latin America with Acciona's 1 GWh Chile project

A newly signed agreement includes the integration of a 1 GWh battery storage system for the 238 MWp Malgarida solar park in the Atacama desert, which is scheduled to become operational in early 2027.

By Luis Ini | Feb 13, 2026

https://www.ess-news.com/2026/02/13/catls-tener-stack-...
www.ess-news.com

Solução p/ o Problema Aging
(Calendar & Cycling)

Oversizing & Augmentation & Performance Guarantee

Flexible Performance Guarantee (FPG)

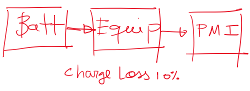
A Flexible Performance Guarantee, or FPG, is a contractual arrangement in which the Original Equipment Manufacturer (OEM) promises that the battery will retain a specific State of Health (SoH), provided the user operates within defined parameters.

The term **"Flexible"** in a Flexible Performance Guarantee (FPG) is, actually a bit of a marketing term that hides a lot of complex math. In the early days of the industry, warranties were **rigid**. A manufacturer would say: *"We guarantee 80% health after 10 years, but ONLY if you do exactly 365 cycles per year and never exceed 25°C."* If the grid changed and the developer needed to cycle the battery twice a day, the warranty was instantly voided.

An **FPG** is "flexible" because it allows the battery's use case to change over time without killing the warranty. The flexibility comes from a **Variable Throughput** model. Instead of a single fixed limit, the OEM provides a "matrix" or a formula.

If you use the battery "gently," the warranty lasts longer. If you use it "hard," the SoH drops faster, but the warranty remains **valid**. This allows a developer to switch from "Energy Arbitrage" (easy) to "Frequency Regulation" (hard) as market prices change.

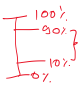
Fazendo um cálculo simples
p/ depois ir p/ Python



charge Loss 10%

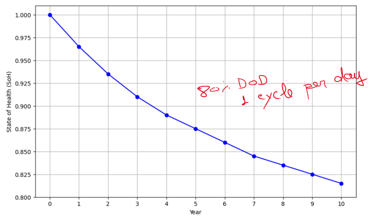
→ 120 MWh em 4 horas

$$\frac{120}{0.9} = 133{,}33 \text{ MWh}$$



80% DoD, ou seja 133,33 MWh é
somente 80%
da capacidade
da Bateria!

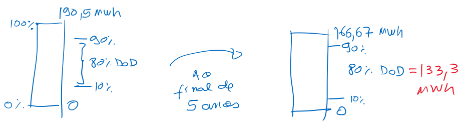
$$\frac{133{,}33}{0{,}8} = 166{,}67 \text{ MWh}$$

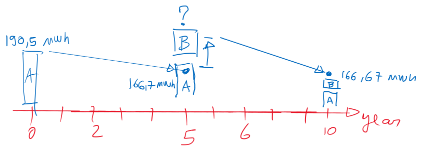


Por causa da Degradação
você tem que partir inicialmente
com um BESS > 166,67 MWh de capacidade

$$\frac{166{,}67}{0{,}875} \cong 190{,}5 \text{ MWh} \rightarrow \text{Sizing Inicial}$$

$$120 \text{ MWh} \xrightarrow[+58\%]{} 190{,}5 \text{ MWh}$$





BESS $\boxed{A}$ ao final do ano 10 só
vai ter 81,25 do SoH inicial (0 ano)!

Mas o BESS $\boxed{B}$ ao final do ano 10
vai ter 87,5% do SoH inicial!

$$\left(\text{MWh}_B * 0.875\right) + \left(190{,}5 \text{ MWh} * 0.8125\right) = 166{,}67 \text{ MWh}$$

$$\text{BESS } \boxed{B} = 13{,}6 \text{ MWh}$$