



# O SURGIMENTO DAS BATERIAS DE ÍONS DE LÍTIO NO DATA CENTER

Um Relatório da Vertiv™ sobre Aplicações

## Introdução

Uma bateria existe para armazenar uma quantidade específica de energia e, então, liberá-la no momento apropriado, seja para proporcionar uma lanterna acesa enquanto se troca um pneu em uma estrada escura, ou seja quando é necessária uma ponte eficaz para uma fonte auxiliar de energia.

Vários profissionais envolvidos com instalações críticas têm ficado desiludidos com o desempenho inconsistente de suas baterias. Quando perguntados se “Existe uma necessidade de uma solução melhor para o armazenamento de energia para sua infraestrutura de data center?” Proprietários, usuários e gestores invariavelmente respondem ... SIM.

Para o profissional de data centers críticos, as baterias tradicionais chumbo-ácido pareadas com os sistemas de alimentação de energia ininterrupta têm sido a fonte procurada para proporcionar um breve tempo de atividade. Muitos destes mesmos operadores testemunharam os inconvenientes da solução chumbo-ácido em um ou outro momento.

Uma alternativa é usar baterias de íons de lítio. Este trabalho analisa esta opção e compartilha uma perspectiva do mundo real para ajudar aos projetistas de data centers a decidir se esta tecnologia é viável para seus data centers.

A Vertiv™ (anteriormente Emerson Network Power) é há muito tempo a líder em gerenciamento de energia de data centers, fornecendo sistemas de alimentação de energia ininterrupta, unidades de distribuição de energia, chaves de transferência e serviços especializados. Desde 1981, monitoramos, gerenciamos e fazemos a manutenção de baterias como parte de nosso portfólio de produtos e serviços de energia. É nosso objetivo usar este ponto de vantagem para compartilhar conhecimento em soluções importantes para o armazenamento de energia como baterias e como elas se comportam.

## Histórico

Se você lembrar suas aulas de ciências, o professor apresentava o funcionamento das baterias usando reações químicas simples envolvendo um cátodo, um ânodo e um eletrólito.

Ao longo dos anos, vários produtos químicos foram explorados, testados e usados para energizar uma quantidade infinita de itens. Ocorreram inovações ao longo dos anos, desde a bateria chumbo-ácido inventada em 1859 (1), passando pela bateria de chumbo-ácido em gel em 1934(2), até a mais recente bateria chumbo-ácido regulada por válvula (selada) em 1957. Podemos também acrescentar a introdução dos novos compostos químicos alcalinos e com base em níquel para ver o progresso impressionante que a ciência dos materiais alcançou em relação à inovação e ao desempenho das baterias.

Hoje, o progresso prossegue com as baterias de íons de lítio (LIB). O elemento Lítio (Li) foi descoberto ao redor de 1818. Mas para todos os propósitos práticos, a bateria LIB teve sua origem no início dos anos 70 através do trabalho do físico John Goodenough e do químico Stan Whittingham (3). Podemos creditar o sucesso comercial das LIBs à Sony em 1991, quando eles lançaram um novo e revolucionário gravador de vídeo portátil que usava este tipo de bateria.

E assim iniciou-se o crescimento exponencial das baterias de íons de lítio. Hoje, todos desfrutam os benefícios oferecidos por esta bateria que permitiu que nossos eletrônicos se tornassem menores, trabalhassem por mais tempo e fossem mais potentes.

Porém, houveram alguns poucos casos onde a segurança se tornou protagonista.

Mesmo que os data centers e os eletrônicos portáteis tenham ambos uma demanda maior por potência, por menos espaço para a bateria, por maior tempo de operação, por uma operação segura e por um preço justificável, precisamos reconhecer que as baterias que dão suporte aos eletrônicos de consumo não devem ser confundidas com aquelas usadas em data centers.

O que nos leva a seguinte questão: Estas baterias LIB estão aptas para uma tarefa tão importante? Elas podem energizar uma infraestrutura crítica de forma eficaz?

## O problema com as Baterias Tradicionais

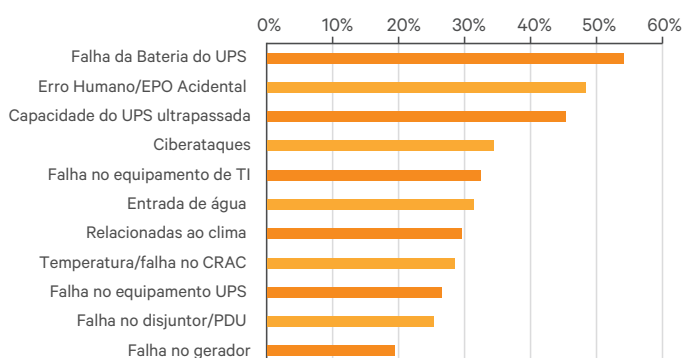
Usuários experientes sabem que as baterias tradicionais de chumbo-ácido são geralmente consideradas o ‘elo fraco’ na cadeia de energia de seu data center. Com a necessidade de vários strings de baterias para dar suporte à uma instalação moderna, pode haver a sensação que uma falha ocorrerá a qualquer momento. Estas baterias tentem a necessitar muita manutenção, serem pesadas, e frequentemente necessitem reposição. Inovações no monitoramento, no gerenciamento e na manutenção ajudaram a minorar alguns destes problemas, mas com um custo adicional.

## Confiabilidade das Baterias

De acordo com o estudo de 2013 do Instituto de Pesquisas Ponemon(4) sobre indisponibilidades em data centers, 55% das falhas não planejadas estavam ligadas à bateria comum de chumbo-ácido (Fig.1). Estudos posteriores em 2016 (5) mostraram alguma redução, mas a magnitude é ainda alarmante.

A Vertiv™ demonstrou que estas baterias podem ser gerenciadas de forma eficaz se tiverem a manutenção adequada aliada ao monitoramento remoto (com investimentos adicionais).

### Principais Causas de Indisponibilidades Não Planejadas



**Figura 1:** Mais de 50% das Indisponibilidades Não Planejadas São Causadas por Falhas nas Baterias (Estudo do Ponemon em 2013)

## O Incômodo da Reposição

Em média, as baterias VRLA que dão suporte às aplicações críticas precisam ser substituídas a cada 4 ou 5 anos. Com uma grande quantidade implementada, os usuários podem sentir que o ciclo de reposição é perpétuo. Cada vez que isto ocorre, tempo e dinheiro são consumidos e são geradas dores de cabeça adicionais para o site e para seu pessoal. Então a bateria de íons de lítio pode proporcionar alívio?

## Benefícios das Baterias de Íons de Lítio

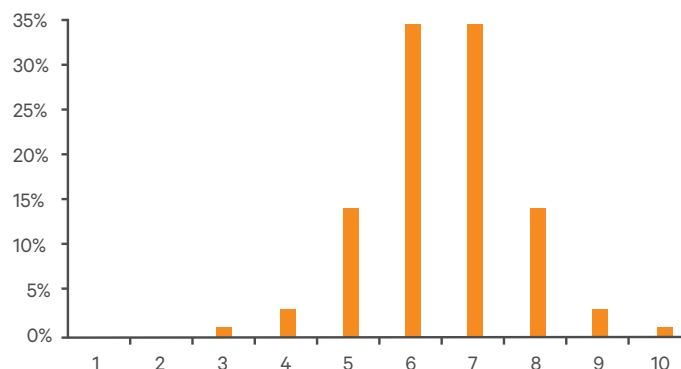
Desde o início, as qualidades das LIBs em relação às VRLAs são bastante significativas.

### Maior Vida Útil

Muitos usuários de baterias chumbo-ácido perguntam “Porque minhas baterias VRLA precisam ser substituídas em apenas 4 ou 5 anos?” Em resumo, este é um sintoma da verdadeira vida útil da bateria de chumbo-ácido em operações críticas. Podemos entender porque os usuários ficam animados quando compreendem que as baterias de íons de lítio para data centers podem atingir uma vida útil 4

vezes maior que das VRLAs (Fig.2). Isto se traduz em menos ciclos de reposição de baterias e menos interrupções operacionais.

### Expectativa de Reposição Anual das VRLA à 25°C



**Figura 2:** Tendência das reposições de VRLA à 25°C

### Menos Peso

A potência de uma solução LIB comparada com a potência equivalente da VRLA resulta em uma redução no peso de até 60%. Isto pode reduzir os patamares de carga do piso, o que, por sua vez, reduzirá os custos de construção. As LIBs também possibilitam a colocação das baterias em lugares que eram impossíveis para as pesadas baterias VRLA equivalentes, como em prédios muito altos. Em algumas situações, os usuários também verão custos menores de transporte.

### Menor Tamanho

As LIBs têm maior densidade de energia que as VRLAs. Este fato não apenas resulta em um peso menor, mas também permite que a solução seja até 70% mais compacta. Isto significa que a operação pode evitar grande(s) sala(s) de baterias. Para os sites novos especificamente, o espaço economizado pode ser realinhado para uma melhor utilização ou ser deixado de fora do projeto para reduzir os custos de capital da construção.

### Suportam Temperaturas Maiores

Dependendo da química da LIB, as baterias podem operar com segurança a temperaturas ambientais maiores sem perda de potência. Isto representa uma economia de custos em relação à VRLA e abre um leque mais flexível de opções para a localização.

### Tempo de Prateleira

Outro benefício que está recebendo muita atenção é o tempo de prateleira. Enquanto as baterias VRLA necessitam uma carga para “encher” a cada seis meses, as baterias LIB podem ficar 18 meses sem necessidade de carga.

## Todas as Baterias de Íons de Lítio são iguais?

Não. Na verdade, existe uma variedade de compostos químicos da mesma família. A Battery University (6) destaca seis variantes comuns, em conjunto com os detalhes das características químicas, daqueles que melhor se aplicam para o uso em data centers.

COMPOSTO QUÍMICO	ÓXIDO DE LÍTIO-COBALTO	ÓXIDO DE LÍTIO-MANGANÊS	ÓXIDO DE LÍTIO-NÍQUEL-COBALTO-MANGANÊS	FERROFOSFATO DE LÍTIO	ÓXIDO DE LÍTIO-NÍQUEL-COBALTO-ALUMÍNIO	TITANATO DE LÍTIO
<b>Nome Curto</b>	Li-cobalto	Li-manganês	NMC	Li-fosfato	Li-alumínio	Li-titanato
<b>Abreviatura</b>	LiCoC <sub>2</sub> (LCO)	LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (LMO)	LiNiMnCoO <sub>2</sub> (NMC)	LiFePo <sub>4</sub> (LFP)	LiNiCoAlO <sub>2</sub> (NCA)	Li <sub>2</sub> TiO <sub>3</sub> (LTO)
<b>Comentários</b>	Muita energia, potência limitada. A participação de mercado estabilizou.	Alta potência, menos capacidade; mais segura que a de Li-cobalto; frequentemente misturada com NMC para melhorar o desempenho.	Alta capacidade e alta potência. Comum em dispositivos portáteis de consumo. Também NCM, CMN, MNC e MCN.	Tensão de descarga linear, alta potência, baixa capacidade, muito segura; auto descarga elevada.	A maior capacidade com potência média. Similar à de Li-cobalto.	Grande vida útil, carga rápida, ampla faixa de temperatura e segura. Baixa capacidade, cara.

### Ferrofostato de Lítio (LFP)

Este design de íons de lítio potencializa o ferrofostato. A química tende a proporcionar segurança excelente, vida útil longa, uma energia específica relativamente pequena, menores padrões de tensão, uma maior auto descarga e a capacidade de operar a temperaturas mais elevadas. É tida como a melhor bateria para aplicações com segurança, de alta potência e descargas curtas. A característica de carga rápida das baterias LFP pode ser um benefício substancial para aplicações que passam por quedas de energia mais frequentes se comparadas às baterias VRLA de carregamento mais lento.

<b>FERROFOSFATO DE LÍTIO:</b> cátodo de LiFePO <sub>4</sub> , ânodo de grafite. Forma Curta: LFP ou Li-fosfato. Desde 1996	
<b>Tensão, nominal</b>	3,20V, 3,30V
<b>Energia Específica (capacidade)</b>	90-120Wh/kg
<b>Carga (Taxa C)</b>	1C típica, carrega até 3,65V; tempo normal de carga 3h
<b>Descarga (Taxa C)</b>	1C, 25C em algumas células; pulso de 40A (2s); corte em 2,50V (menor que 2V causa avarias)
<b>Ciclos de Vida</b>	1000-2000 (relacionado a profundidade da descarga, temperatura)
<b>Descontrole Térmico</b>	270° C (518° F) Bateria muito segura mesmo se totalmente carregada
<b>Aplicações</b>	Portáteis e estacionárias que necessitem altas correntes de carga e durabilidade
<b>Comentários</b>	Curva da tensão de descarga muito linear mas baixa capacidade. Uma das íons de lítio mais seguras. Auto descarga elevada.



Mapa da LFP

### Óxido de Lítio-Manganês (LMO) e Óxido de Lítio-Níquel-Cobalto-Manganês (NMC)

Ambos estes compostos químicos com base em íons de lítio usam manganês. A LMO é apropriada para aplicações de energia a curto prazo enquanto a NMC proporciona um desempenho melhor em geral e um bom comportamento da energia específica.

Existe também uma mistura dos dois compostos químicos (LMO/NMC) que funciona para otimizar as vantagens dos dois tipos. A LMO/NMC é a escolha mais comum encontrada atualmente em carros elétricos, como o Nissan Leaf, o Chevy Volt e o BMW i8 & i3.

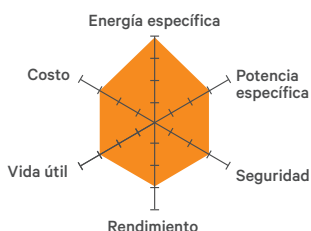
<b>ÓXIDO DE LÍTIO-MANGANÊS:</b> Cátodo de LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , ânodo de grafite. Forma Curta: LMO ou Li-manganês (estrutura tipo spinel). Desde 1996	
<b>Tensão, nominal</b>	3,70V (algumas podem ter 3,80V)
<b>Energia Específica (capacidade)</b>	100-150Wh/kg
<b>Carga (Taxa C)</b>	0,7-1C típica, máximo de 3C carrega até 4,20V (a maioria das células)
<b>Descarga (Taxa C)</b>	1C; 10C possível em algumas células; pulso de 30C (5s); corte em 2,50V
<b>Ciclos de Vida</b>	300-700 (relacionado a profundidade da descarga, temp.)
<b>Descontrole Térmico</b>	250° C (482° F) típico. Alta carga promove descontrole térmico.
<b>Aplicações</b>	Ferramentas elétricas, dispositivos médicos, trens de força elétricos
<b>Comentários</b>	Alta potência mas menos capacidade, mais segura que a de Li-cobalto; normalmente misturada com a NMC para melhorar o desempenho.



LMO Map

**ÓXIDO DE LÍTIO-NÍQUEL-COBALTO-MANGANÊS:** Cátodo de  $\text{LiNiMnCoO}_2$ , ânodo de grafite. **Forma Curta:** NMC (NCM, CMN, MNC, MCN similares com combinações de diferentes metais). Desde 2008

<b>Tensão, nominal</b>	3,60V, 3,70V
<b>Energia Específica (capacidade)</b>	150-220Wh/kg
<b>Carga (Taxa C)</b>	0,7-1C, carrega até 4,20V, algumas até 4,30V; tempo normal de carga 3h. Corrente de carga maior que 1C diminui a vida útil da bateria.
<b>Descarga (Taxa C)</b>	1C; 2C possível em algumas células; corte em 2,50V
<b>Ciclos de Vida</b>	1000-2000 (relacionado a profundidade da descarga, temp.)
<b>Descontrole Térmico</b>	210° C (410° F) típico. Alta carga promove o descontrole térmico.
<b>Aplicações</b>	Bicicletas/carros elétricos, dispositivos médicos, Industrial
<b>Comentários</b>	Proporciona Alta Capacidade e Alta Potência. Funciona como uma Célula Híbrida. O composto químico preferido para vários usos, participação no mercado aumentando.



Mapa da NMC

## O Significado de Vida Útil

Vida útil de baterias não é um assunto atraente para um jantar, mas coloque alguns engenheiros eletroquímicos juntos e você terá uma discussão interessante. Logo eles estarão questionando as demarcações da vida útil e você ouvirá termos como vida de projeto, vida de garantia e final da vida útil. Será explicado que a vida de projeto tende a ser uma utopia, medida sob condições muito ideais, enquanto a vida útil real/efetiva tende a ser o que determina as garantias e se concentra no comportamento real dos compostos químicos das baterias dadas certas condições operacionais, de temperatura, de ciclagem e de manutenção.

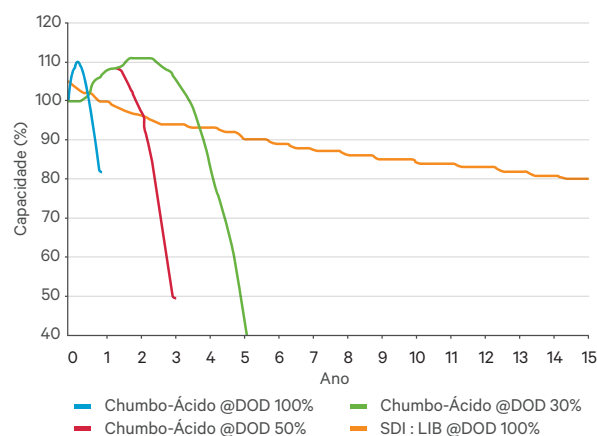
Um exemplo é a VRLA comum que pode ter uma vida útil de projeto de 10 anos, mas uma garantia de apenas 3 anos completos e uma garantia pro rata de 7 anos. À 25°C, em um período de 4 a 5 anos, as células começarão a falhar sob condições normais. Para uma aplicação crítica, é durante este período que as trocas devem começar. Alguns fabricantes de VRLA estão lançando melhorias de desempenho com vida útil de projeto de 15 a 20 anos. Certamente estes designs agregam bastante ao custo inicial da VRLA padrão de 10 anos.

## Contagem de Ciclos e Profundidade de Descarga

Cada vez que uma bateria é requisitada para liberar parte de sua energia armazenada (seja por um segundo ou por cinco minutos), ela descarrega e então recarrega. Isto equivale a um ciclo. A quantidade de ciclos efetivos durante a vida útil da bateria pode depender da profundidade destas descargas. Diferenças visíveis podem ser observadas entre os diversos compostos químicos das baterias. Deve ser observado que a maioria das baterias não descarrega completamente, e, portanto, o padrão da indústria usa 80% como o limiar de descarga para classificar uma bateria, mantendo uma dita reserva.

A bateria é considerada como no fim da vida útil (EOL) quando atinge 80% de capacidade. Normalmente a bateria é sobre dimensionada em 125% de forma que atinge a capacidade necessária no EOL. A VRLA atinge o EOL em 3 a 5 anos contra a LIB que atinge seu EOL entre 13 e 15 anos. Portanto, a LIB está em 93% quando a VRLA está em 80% do EOL (ver Fig. 3).

É normalmente aceito que as LIBs proporcionam uma maior quantidade de ciclos que as VRLAs padrão. Conforme já indicado, o comportamento exato irá variar de acordo com os quatro fatores. Em um trabalho de Shouzhong Yi (7), ele menciona que a LFP tem mostrado uma quantidade de ciclos na ordem de 10 vezes maior que a VRLA. Mesmo em aplicação de descarga profunda (DOD de 80% ou maior), ele observa que as baterias LFP podem funcionar por dez anos ou mais.



**Figura 3:** Comparação do Final da Vida Útil por DoD (Profundidade da Descarga)

## Confie mas Confira

Operações críticas tem uma grande dependência de armazenamento de energia, então, não é nenhuma surpresa que o monitoramento das baterias seja vital. Se usada adequadamente, esta tecnologia pode verificar o

desempenho diretamente e iniciar uma manutenção proativa. Com as baterias chumbo-ácido isto se tornou especialmente importante para melhorar seu histórico de desempenho irregular. Obviamente, o gerenciamento de baterias LIB é igualmente importante, se não for ainda mais crítico. Ao contrário das baterias de chumbo-ácido, as baterias de íons de lítio usadas com os UPSs são fabricadas com inteligência integrada que permite o gerenciamento e o monitoramento. É possível obter-se detalhes das células e dos gabinetes, tais como tensão, corrente, temperatura e alarmes. É recomendado que estes sistemas sejam unidos a uma solução ao nível do sistema, para expandir a visibilidade e as funcionalidades do monitoramento. A Vertiv™ tem um longo histórico nesta prática e pode oferecer uma solução Alber para monitorar todo o ambiente da bateria, assim como proporcionar serviços remotos que asseguram suporte 24 horas por dia, 7 dias na semana, tanto para chumbo-ácido quanto para LIB.

## Segurança em Primeiro Lugar

É verdade que todos os dispositivos de armazenamento de energia necessitam algum nível de cuidado. Talvez você já tenha ouvido algumas histórias problemáticas sobre a LIB, enfrentadas predominantemente por dispositivos eletrônicos portáteis. O grau de densidade de energia armazenada em dispositivos pequenos usando determinados compostos químicos de íons de lítio proporcionaram desafios ímpares. Devemos observar que com os milhões destes dispositivos que existem no mercado, a estatística mostra uma taxa relativamente baixa de incidentes com LIBs. Mesmo assim, este problema precisa ser endereçado.

Afortunadamente, aplicações comerciais de ponta (como em UPSs) não se deparam com os desafios que enfrentam os designs de consumo. As LIBs para UPS usam compostos químicos mais seguros, locais maiores de operação, materiais de embalagem mais robustos e ambientes de uso com menos pressão. Tudo isto abre o caminho para o estabelecimento de maiores precauções com a segurança. Aliás, os principais fabricantes de LIB usam imagens de raio X para assegurar que cada célula seja aprovada na inspeção de qualidade. Fusíveis de segurança, proteção contra sobrecarga e camadas de materiais temperados são alguns dos avanços em relação à segurança que são incorporados.

Em resumo, estes designs minimizam a chance de ocorrer um descontrole térmico. As funcionalidades de monitoramento e gerenciamento das baterias contribuem ao desempenho e à segurança.

Atualmente, a UL possui testes padrão e processos de qualificação para verificar uma solução segura. A UL 1973 (gabinete/segurança) é requerida pela maioria dos inspetores de materiais elétricos e das seguradoras prediais.

## O Preço Está Correto?

Reconhecemos que a comunidade de instalações críticas é bastante pragmática. Ela busca iniciativas que apresentem desempenho e tenham um ROI positivo. Uma avaliação do custo total de propriedade para o armazenamento de energia deve incluir o custo inicial, instalação, serviços/manutenção, despesas de reposição, transporte e descarte.

Atualmente, o custo inicial de uma solução usando LIB é perceptivelmente maior que o de uma com VRLA padrão. No momento em que este estudo está sendo escrito, o preço nos Estados Unidos para uma LIB tem um prêmio de aproximadamente 1,75 vezes comparado à implementação similar com VRLA. Os preços da LIB baixaram drasticamente no início da década e de forma mais moderada nos últimos 5 anos. Apesar de ser muito pouco provável que a indústria de UPS críticos vivencie a redução drástica que varreu a indústria automobilística, podemos esperar reduções moderadas de preço conforme aumente a taxa de implementação da tecnologia.

E os outros custos operacionais? Apesar das LIBs não serem classificadas como não necessitando de manutenção, elas têm custos de manutenção e de serviços menores que as VRLAs. As baterias de íons de lítio são consideradas descartáveis; mas dada a relativa novidade das LIBs, o ecossistema de reciclagem ainda não foi desenvolvido na América do Norte, apesar de ter tido progressos em outros países. A maioria prevê que esta lacuna na reciclagem irá diminuir, impulsionada principalmente pelo grande volume no mercado automotivo.

Um fator significativo em qualquer modelo de TCO para baterias é o custo de reposição. É aqui que as LIBs recebem vários pontos de ROI, uma vez que elas postergam a necessidade de substituições mais frequentes.

## Vamos Comparar

A Vertiv™ conduziu recentemente um exercício de comparação de custos de baterias que considerou os fatores de custo inicial, serviços e manutenção, custo de reposição e descarte, usando uma variedade dos principais fabricantes de baterias. Avaliamos as baterias em dois cenários (Fig. 4 e 5) com base em uma carga de 1 MW usando diferentes tempos de operação (o menor de 5 minutos e o maior de 9 minutos). Usando estes cenários, podemos demonstrar uma avaliação de armazenamento de energia na vida real, através dos comportamentos dos compostos químicos.

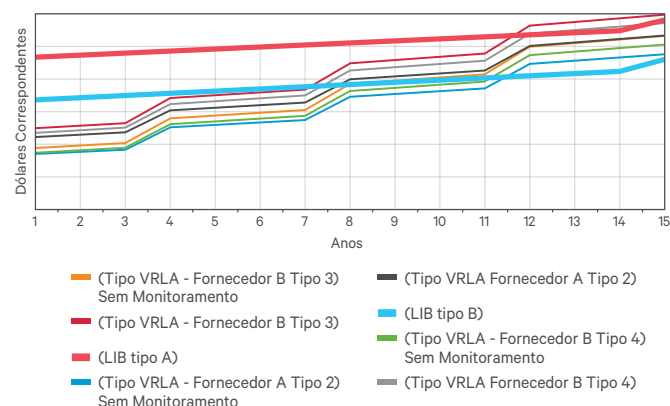
Os achados revelaram diversas diferenças importantes. Primeiro, o custo inicial e o de reposição da VRLA tenderam a estar muito próximos entre os diversos fabricantes. Isto

tende a comprovar a maturidade desta tecnologia, conforme visto através dos preços de venda similares. Segundo, vemos os ciclos de reposição das VRLAs comparados a progressão mais linear das LIBs.

Também consideramos os custos atuais de descarte das baterias VRLA e LIB (como vistos nas curvas do final da vida útil).

Em terceiro está a diferença no modelo de custos entre os compostos químicos da LIB versus os cenários de tempo de operação (como visto na inversão das linhas vermelha e azul da LIB). Isto demonstra as características singulares dos

### Tempo de Operação Inicial de 5M com Carga de 1000kW



**Figura 4:** Modelos de VRLA e LIB durante 15 anos com tempo de operação de 5 minutos

## Conclusão

Após verificarmos os detalhes nas alternativas de armazenamento de energia através das baterias LIB e das baterias de chumbo-ácido, podemos ver que o futuro é promissor para as baterias de íons de lítio. Elas são projetadas para maior vida útil, menos peso, menor tamanho e maior flexibilidade para os modernos fornecedores de data centers. Deve-se tomar cuidado para adequar o composto químico ao ambiente da aplicação. Finalmente, estamos testemunhando o início dos modelos de custos favoráveis. O mercado continuará a monitorar se, e como, reagem os fabricantes de baterias de chumbo-ácido.

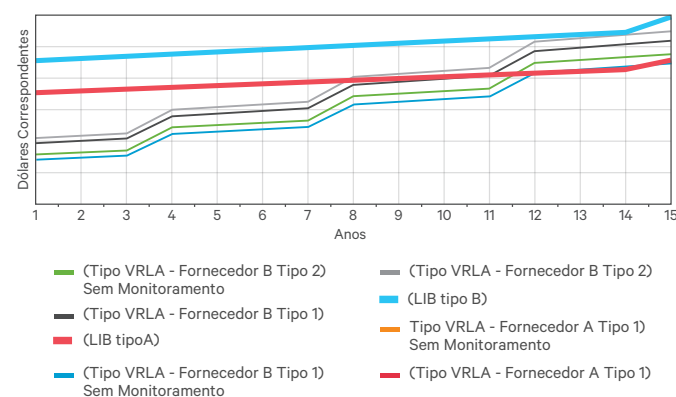
A mudança para LIB será liderada pelos inovadores. O quão rápido elas serão disseminadas dependerá das experiências destas primeiras implementações. Considerando os benefícios significativos das baterias de íons de lítio sobre as soluções convencionais, isto poderá ser mais rápido que o esperado.

Para mais informações sobre as soluções de Bateria de íons de lítio para aplicações de UPS, visite [VertivCo.com](http://VertivCo.com).

compostos químicos discutidos neste trabalho e como certos comportamentos de compostos químicos devem ser otimizados considerando os objetivos de desempenho do armazenamento de energia. Esta questão também mostra o benefício de poder escolher entre diversas alternativas de LIB.

Finalmente, o estudo mostra um retorno do investimento da LIB iniciando imediatamente antes e/ou após o segundo ciclo de reposição da VRLA. A análise não inclui um custo financeiro, custo de incômodo das reposições, receitas potenciais devidas ao menor espaço ou um fator de confiabilidade.

### Tempo de Operação Inicial de 9M com Carga de 1000kW



**Figura 5:** Modelos de VRLA e LIB durante 15 anos com tempo de operação de 9 minutos

## Referências

- (1) [https://en.wikipedia.org/wiki/Lead%E2%80%93acid\\_battery](https://en.wikipedia.org/wiki/Lead%E2%80%93acid_battery)
- (2) [https://en.wikipedia.org/wiki/VRLA\\_battery](https://en.wikipedia.org/wiki/VRLA_battery)
- (3) <https://qz.com/338767/the-man-who-brought-us-the-lithium-ion-battery-at-57-has-an-idea-for-a-new-one-at-92/>
- (4) [https://www.vertivco.com/globalassets/documents/reports/2013\\_emerson\\_data\\_center\\_cost\\_downtime\\_sl-24680\\_11-11\\_101728\\_1.pdf](https://www.vertivco.com/globalassets/documents/reports/2013_emerson_data_center_cost_downtime_sl-24680_11-11_101728_1.pdf)
- (5) [https://www.vertivco.com/globalassets/documents/reports/2016\\_cost\\_of\\_data\\_center\\_outages\\_78939\\_0.pdf](https://www.vertivco.com/globalassets/documents/reports/2016_cost_of_data_center_outages_78939_0.pdf)
- (6) [http://batteryuniversity.com/learn/article/bu\\_216\\_summary\\_table\\_of\\_lithium\\_based\\_batteries](http://batteryuniversity.com/learn/article/bu_216_summary_table_of_lithium_based_batteries)
- (7) Artigo: Discussão sobre Baterias de Ferrofosfato de Lítio Usadas para IDCs Comparadas com Baterias VRLA, Shouzhong Yi, Diretor Executivo Técnico, Shenzhen Center Power Tech Co., Ltd da Conferência Battcon 2016.



**VertivCo.com** | Vertiv, 1300 Concord Terrace, piso 4, Sunrise, FL 33323, Estados Unidos da America.

©2017 Vertiv Co. Todos os direitos reservados. Vertiv e logotipo Vertiv são marcas ou marcas registradas da Vertiv Co. Todos os demais nomes e logos que fazem referência são nomes comerciais, marcas, ou marcas registradas de seus respectivos donos. Embora tenham sido tomadas as devidas precauções para assegurar que esta literatura esteja completa e correta, Vertiv Co. não assume nenhuma responsabilidade por qualquer tipo de dano que possa ocorrer seja por informação utilizada ou omitida. As especificações podem ser alterados sem aviso prévio.

SL-24692 / (R03/17)