

Estudo das características de baterias recarregáveis possíveis de serem utilizadas no projeto Satélite Universitário, ITASAT

Rafael Heleno Ladeira da Trindade

Departamento de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP). Av. Trabalhador São-carlense, 400, Centro. CEP:13.566-560, São Carlos-SP.

Bolsista do Projeto Satélite Universitário (ITASAT)

rafaelhl@yahoo.com.br

Resumo. *O propósito deste trabalho é apresentar os diferentes tipos possíveis de baterias para aplicação aeroespacial, entre elas, NiCd, NiMH, Li-Íon e Li-Íon-Polímero e servir como um roteiro que auxilie a identificar as principais características de baterias recarregáveis, suas vantagens e suas limitações. Faz-se uma análise geral da viabilidade de cada uma dessas baterias serem utilizadas no projeto do satélite universitário, ITASAT. Levando-se em consideração as novas baterias disponíveis no mercado, NiMH, Li-Íon e Li-Íon-Pol, estas apresentam maiores densidades de energia e menores quantidades de metais tóxicos, por isso torna-se bastante interessante a pesquisa desses tipos de baterias para o projeto ITASAT.*

Palavras chave: eficiência, corrente nominal “C”, carregamento, energia.

1. Introdução

A partir do surgimento da idéia de se desenvolver um satélite universitário (ITASAT), primeiramente foi necessário a divisão dos projetos em subsistemas, sendo o suprimento de energia o subsistema responsável pela especificação da bateria que será implementada no projeto do satélite que vem sendo desenvolvido pelos universitários, ITASAT.

Historicamente, devido às poucas tecnologias disponíveis até o início do programa CBERS em vigor desde 1988 (site INPE), nessa época o que havia de mais vantajoso e seguro no âmbito de baterias recarregáveis era a tecnologia níquel-cádmio (site INPE). Hoje tal tecnologia sofreu alguns avanços, sendo um deles um aumento da sua capacidade de armazenamento de energia e redução do efeito memória, sendo que em algumas baterias com especificações especiais tal efeito pode até ser desprezado (site Valvolândia).

Como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) tem total domínio da tecnologia NiCd, pois já vem usando baterias dessa tecnologia a tempos e nunca houve nenhum problema que impulsionasse a mudança do tipo de bateria a ser usada em suas aplicações, é provável que a bateria que será usada no projeto do satélite universitário seja uma bateria de NiCd. Porém, este estudo tem o objetivo de mostrar que existem outros tipos de baterias recarregáveis de químicas diferentes que apresentam muitas vantagens em relação às tão conhecidas NiCd, com grande possibilidade de aplicar na área aeroespacial, como no satélite universitário, ITASAT.

O estudo a seguir levantará as características de cada uma das baterias, a tradicional Níquel Cádmio (NiCd), e as mais recentes, Níquel Metal Hidreto (NiMH), Lítio Íon (Li-Íon) e Lítio Íon Polímero (Li-Po), do ponto de vista de sua aplicação espacial mostrando que essas tecnologias mais recentes permitem um armazenamento de uma maior densidade de energia, apresentam um menor tempo de recarga e, em geral uma maior eficiência. O trabalho busca mostrar que se pode usufruir dessas vantagens tecnológicas das novas químicas hoje disponíveis no mercado, para que se consiga uma maior eficiência no armazenamento de energia para o satélite universitário, ITASAT.

2. Estudo Sobre as Características das Baterias

2.1. NiCd (Níquel-Cádmio)



Figura 1. Baterias Níquel Cádmio (Site Pixmania).

Essas baterias são as mais comuns no uso em equipamentos eletrônicos, tem sido usadas comercialmente depois de 1950 (Site STA). Apresentam maior eficiência, se forem carregadas rapidamente com uma corrente pulsada, ou seja, uma corrente alta, que é interrompida em intervalos de tempo.

A maior vantagem das baterias NiCd é possuírem um ótimo desempenho sob rigorosas condições de trabalho, em baixas temperaturas, subtensão e sobrecarga. A bateria de NiCd não deve ficar em carregadores por vários dias, nem ser usada somente ocasionalmente por períodos breves. Uma descarga completa é muito importante que, se omitida, poderá causar a formação de grandes cristais nas placas das células, conhecido por efeito memória, que faz com que a bateria perca gradualmente sua capacidade. Entretanto, estudos tem reduzindo o efeito memória em baterias NiCd, mas com introdução de novas tecnologias de baterias com densidade de energia maior e metais menos tóxicos que o Cádmio (Site Inovação Tecnológica), as baterias NiCd vem perdendo mercado para as tecnologias mais recentes, principalmente NiMh, Li-íon e Li-Po.

2.1.1. Principais Características

- Ótima relação custo-benefício.
- Bom desempenho em carga e descarga excessiva.
- Excelente desempenho em altas correntes de carga e descarga; podem ser carregadas em 1C, uma hora e descarregadas em 3C, três vezes a corrente nominal.
- Válvula de Segurança, abre automaticamente quando a pressão interna se eleva, evitando explosões.
- Larga faixa de temperatura de 233K a 333K.
- Longa Vida Útil, de 500 a 1000 ciclos.
- Alta tensão de descarga, a tensão fica acima de 1,2V por célula, de 40 a 50 minutos durante a descarga na corrente nominal.

2.1.2. Vantagens

- Carga rápida e simples mesmo após armazenagem prolongada.
- Alto número de ciclos de carga e descarga. Se mantida adequadamente, a bateria NiCd pode chegar a 1000 ciclos de carga e descarga.
- Ótimo desempenho de carga.
- Longa vida na condição de armazenagem, em qualquer estado de carga. Armazenagem e transporte simples.
- Bom desempenho em baixa temperatura.
- Bom desempenho mesmo se sobrecarregada.
- Preço baixo em comparação com outras baterias. A bateria NiCd é a que tem menor custo por ciclo.
- Disponível em larga escala de tamanho e opções de desempenho.

2.1.2. Limitações

- Baixa densidade de energia, comparado com baterias mais modernas.
- Efeito memória, é a bateria que mais sofre com esse problema.

- A NiCd contém metais tóxicos que não podem ser jogados no meio ambiente. Alguns países estão limitando o uso de baterias de NiCd.
- Tem uma alta taxa de autodescarga precisando ser carregada periodicamente quando armazenada.

2.2. NiMH (Níquel Metal Hidreto)



Figura 2. Baterias Níquel Metal Hidreto (Site STA).

As baterias NiMH têm sido usadas devido à sua maior densidade de energia e pelo não uso de metais não tóxicos. As modernas baterias de NiMH oferecem o dobro da densidade de energia em comparação com as baterias de NiCd. Tanto as baterias NiCd como as baterias NiMH, têm uma alta taxa de autodescarga (site STA).

As baterias de NiCd descarregam cerca de 10% da sua capacidade no período de 24 horas, após o primeiro dia o sua autodescarga é de 10% ao mês. A autodescarga das baterias de NiMH é 1,5 a 2 vezes a autodescarga das baterias NiCd.

As baterias de NiMH têm substituído as baterias de NiCd nos mercados de comunicações sem fio e computação móvel. Hoje em dia é recomendado usar as baterias NiMH ao invés de baterias NiCd. Isto se deve a preocupações ambientais com o descarte das baterias em fim de vida útil (Site Inovação Tecnológica).

Inicialmente mais caras que as baterias NiCd, atualmente as baterias NiMH têm preço bem próximo ao das baterias NiCd. Devido aos problemas ambientais, o consumo e a produção de baterias NiCd tendem a diminuir, o que com o tempo fará seu preço subir.

2.2.1. Principais Características

- Adequação ao Meio ambiente: 0% de Cádmio, Mercúrio e Chumbo.
- Alta Densidade de Energia, até 120Wh/kg.
- Longa Vida Útil: Entre 500 e 1000 ciclos de carga e descarga.
- Excelente desempenho em altas correntes de carga e descarga, podem ser carregadas em 1 hora e descarregadas em 3C, três vezes a corrente nominal.
- Válvula de Segurança, como a NiCd, válvula abre a altas pressões evitando possíveis explosões.
- Larga faixa de temperatura: de 253K a 333K.
- Efeito memória pequeno se comparado com a bateria NiCd.
- Baixa resistência interna.

2.2.2. Vantagens

- maior capacidade de 50 a 100% maior que as baterias NiCd.
- Menor efeito memória.
- Armazenagem e transporte simples, o transporte não está sujeito a condições especiais. Não tóxica e não causa dano ao meio ambiente.

2.2.3. Limitações

- Repetidos ciclos de carga e descarga profunda reduzem a vida útil da bateria. Seu desempenho se deteriora após 200 a 300 ciclos. Descargas parciais ao invés de descarga profunda são preferidas pelas baterias NiMH.
- Corrente limitada de descarga. Embora as baterias NiMH possam fornecer altas correntes de descarga, repetidas descargas com altas correntes de carga podem reduzir a vida útil da bateria. Melhores resultados são conseguidos com correntes de descarga da 0,2C a 0,5C (20 a 50 % da corrente nominal).
- Processo de carga mais complexo. As baterias NiMH geram mais calor durante o processo de carga e requerem um maior tempo de carga que a NiCd. Atualmente, com os carregadores de baterias inteligentes esse problema foi resolvido.
- Alta taxa de autodescarga. As baterias de NiMH se autodescarregam em torno de 50 % mais rápido que as baterias NiCd.
- O desempenho da bateria se deteriora se armazenada em elevadas temperaturas. As baterias NiMH devem ser armazenadas num local fresco e a um estado de carga de aproximadamente 40%.
- Alta manutenção, as baterias requerem descargas completas regularmente para evitar a formação de cristais, efeito memória.
- São mais caras que as baterias NiCd.

2.3. Li-Íon (Lítio-Íon)



Figura 3. Bateria Lítio Íon (Site Pixmania).

É a tecnologia mais recente e está tendo um rápido crescimento. O Lítio é o mais leve de todos os metais usados em baterias, tem o maior potencial eletroquímico e fornece a maior densidade de energia por massa (Site Fazendo Vídeo). Baterias recarregáveis que usam anodos de metal de lítio, eletrodos negativos, são capazes de fornecer tanto alta tensão quanto excelente capacidade, resultando em uma grande densidade de energia.

Por conseqüência da instabilidade do metal de lítio, especialmente ao se carregar as baterias, pesquisas levaram a uma bateria de lítio não-metálica que usa íons de lítio (Site Inovação Tecnológica). Hoje, a Lítio-Íon é a bateria que mais está tomando o mercado e é a química mais promissora para baterias.

A densidade de energia da bateria de Lítio-Íon é tipicamente o dobro das de NiCd padrão. Além da alta capacidade, as características de carga são razoavelmente boas e se comportam como as de NiCd em termos de características de descarga (forma similar do perfil de descarga, mas de tensão diferente) (site STA).

A Lítio-Íon é uma bateria de baixa manutenção, uma vantagem que a maioria das outras químicas não têm. Não existe memória e nenhum ciclo programado é necessário para prolongar a vida útil da bateria (Site Mastermodel). Além disso, a auto-descarga é menor que a metade comparado com as de NiCd e NiMH.

A alta tensão da célula de Lítio-Íon permite a fabricação de conjuntos de baterias que consistem em apenas uma célula, como diz o (Site STA). As tensões de alimentação de aplicações eletrônicas têm caído, o que requer poucas células por conjunto de baterias (Site e-battery).

Células de Lítio-Íon causam menos dano quando descartadas do que as baterias à base de Cádmio (Site Inovação Tecnológica). Apesar de suas vantagens totais, as de Lítio-Íon também têm as suas inconveniências. Ela é frágil e requer um circuito de proteção para manter uma operação segura. Embutido dentro de cada conjunto, o circuito de proteção limita a tensão de pico de cada célula durante a carga e previne que a tensão da célula caia muito durante a descarga (Site e-battery). Além disso, a máxima corrente de carga e descarga é limitada e a temperatura da célula é monitorada para prevenir temperaturas extremas.

2.3.1. Vantagens

- Densidade da energia elevada, potencial para capacidades ainda maiores.

- Autodescarga relativamente baixa, a auto-descarga é menor do que a metade da NiCd e NiMH.
- Manutenção Baixa, nenhuma descarga periódica é necessária, sem memória.

2.3.2. Limitações

- Requer circuito de proteção, que limita a tensão e a corrente. A bateria é segura se não sobrecarregada.
- Sujeito ao envelhecimento, mesmo se não estiver em uso, armazenar a bateria em um lugar fresco e a 40% de estado de carga reduz o efeito do envelhecimento.
- Caro de se fabricar, aproximadamente 40% maior no custo do que a de NiCd. Melhores técnicas de fabricação e recolocação de metais raros com alternativas de custo mais baixo, provavelmente reduzirão o preço.
- Tecnologia não inteiramente madura, as mudanças em combinações do metal e da química afetam resultados de teste da bateria, especialmente com alguns métodos de testes rápidos.
- Deve-se tomar cuidado. As baterias do Li-íon têm uma alta densidade de energia. Não pode-se dar curto-circuito, sobrecarga ou esmagamento, deve ter os cuidados de não bater, não perfurar, não aplicar polaridade reversa, não expor à alta temperatura e não desmontar.
- Use somente a bateria do Li-íon com o circuito de proteção adequado.
- A alta temperatura da cápsula, resultante do abuso da célula pode causar dano físico. O eletrólito é altamente inflamável. A ruptura pode causar a abertura com chama.

2.4. Li-Po (Lítio Íon Polímero)



Figura 4. Bateria Lítio Íon Polímero (Site mastermodel).

É uma versão da bateria Lítio-Íon, mais moderna e com o desenvolvimento da tecnologia tende a ser mais barata (Site E-battery). Essa química é similar a de Lítio-Íon em termos de densidade de energia. Pode ser fabricada com uma geometria muito fina e permite uma embalagem simplificada. As aplicações principais são telefones celulares e aeromodelos (Site Mastermodel).

A bateria de Lítio-Polímero se diferencia dos outros sistemas de baterias no tipo de eletrólito usado. O projeto inicial usava somente um eletrólito seco de polímero sólido. Esse eletrólito se assemelha a um filme tipo plástico que não conduz eletricidade, mas permite uma troca de íons (átomos eletricamente carregados ou grupos de átomos), como afirma o (Site STA).

O eletrólito de polímero substitui o separador poroso tradicional, que é embebido com eletrólito. O projeto de polímero seco oferece simplificações no que diz respeito à fabricação, rugosidade, segurança e geometria de perfil fino. Não há perigo de inflamação (Site Inovação Tecnológica), porque nenhum eletrólito líquido ou de gel está sendo usado.

Com uma espessura de célula medindo tão pouco quanto um milímetro, projetistas podem construir as baterias de forma que resulte em uma espessura muito reduzida, forma e tamanho. Para fazer uma pequena bateria de Lítio-Polímero condutora, um pouco de eletrólito com gel foi adicionado. A maioria das baterias comerciais de Lítio-Polímero usadas hoje para telefones celulares é híbrida e contém eletrólito com gel. O correto termo para esse sistema é “Lítio-Íon-Polímero” (Site STA). Com eletrólito com gel adicionado.

Embora as características e desempenho das baterias Lítio-Íon e Lítio-Íon-Polímero sejam muito semelhantes, a de Lítio-Íon-Polímero é única que usa um eletrólito sólido, substituindo o separador poroso. O eletrólito com gel é simplesmente adicionado para aumentar a condutividade de íon (Site STA).

Uma das vantagens da bateria de Lítio-Íon-Polímero, contudo, é a embalagem mais simples porque os eletrodos podem facilmente ser empilhados.

2.4.1. Vantagens

- Perfil muito fino, baterias que se assemelham ao perfil de um cartão de crédito são praticáveis.
- Fator flexível do modelo, os fabricantes não são limitados por formatos padrão da célula. Com volume elevado, qualquer tamanho razoável pode ser produzido economicamente.
- Peso Leve, Gel é preferido a eletrólitos líquidos permitem empacotamento simplificado, em alguns casos eliminando a casca de metal. Segurança melhorada.
- Maior resistência à sobrecarga, menor possibilidade de vazamento do eletrólito.

2.4.2. Limitações

- Densidade de energia sensivelmente mais baixa e contagem de ciclo diminuída comparada à bateria de Lítio-Íon, porém há potencial para melhorias existem.
- Caro para manufaturar, uma vez produzida em grande escala, o polímero de Lítio-Íon tem o potencial para um custo mais baixo. O circuito de controle reduzido implica em maiores custos de fabricação.

3. Comparação entre as Tecnologias

A tabela a seguir mostra dados comparativos entre as baterias selecionadas possíveis para serem aplicadas às especificações espaciais do satélite universitário que ainda estão sendo definidas.

Tabela 1. Comparação entre as características das baterias que foram sugeridas para a aplicação aeroespacial (Site STA).

Características	NiCd	NiMH	Li-Íon	Li-Íon Polímero
Densidade de Energia (Wh/kg)	45 a 80	60 a 120	110 a 160	100 a 130
Resistência Interna (mΩ)	20 a 40 Célula de 1.2V	40 a 60 Célula de 1.2V	75 a 125 Célula de 3.6V	100 a 150 Célula de 3.7V
Ciclo de Vida (80% da capacidade Inicial)	500 a 1000	500 a 1000	500 a 1000	300 a 500
Tempo para Carga Rápida	1 hora	1 a 4 hs	2 a 4 hs	2 a 4 hs
Tolerância para Sobrecarga	Moderada	Baixa	Muito Baixa	Baixa
Auto-Descarga no primeiro mês (na temperatura ambiente)	20%	30%	10%	10%
Tensão da Célula	1.2V	1.2V	3.6V	3.7V
Corrente de Carga -Pico -Melhor Resultado	20C 1C	5C 0.5C	>2C 1C	>2C 1C
Temperatura de operação	233 a 333K	253 a 333K	253 a 333K	273 a 333K
Manutenção	30 a 60 dias	60 a 90 dias	Não Necessário	Não Necessário
Comparação de Custo Pack 7.2V	R\$115	R\$138	R\$230	R\$230
Custo por ciclos	R\$0,12	R\$0,14	R\$0,23	R\$0,46
Usada comercialmente desde	1950	1990	1991	1999

4. Conclusão

Através do estudo de diferentes tipos de baterias recarregáveis, pode-se observar que cada uma das químicas diferentes que foram estudadas, apresentam vantagens e desvantagens uma em relação às outras. Assim este trabalho levanta a possibilidade de se usar baterias diferentes da tradicional NiCd para aplicação aeroespacial, porém, antes de uma possível utilização, deve-se fazer uma completa sequência de testes, verificando cada uma dessas características, verificando se as mesmas atendem as necessidades do projeto do satélite universitário (ITASAT).

5. Agradecimentos

Agradeço ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) que coordena este projeto (ITASAT), por permitir também que alunos de outras instituições possam participar desse grande evento (ENCITA). Agradeço à Agência Espacial Brasileira (AEB) e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pelo apoio intelectual e financeiro, e aos professores e amigos que participam do projeto pelo apoio e dedicação.

6. Referências

Aeromaniacos, http://www.aeromaniacos.com.br/ler_publicacoes.asp?codigo=87, acessado em 13 de julho de 2006.
E-battery, <http://www.e-battery.com.br/default.asp?ID=18>, acessado em 10 de julho de 2006.
Fazendo Video, <http://www.fazendovideo.com.br/vtbat.htm>, acessado em 15 de julho de 2006.
InovaçãoTecnológica, <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=01011505031>, acessado em 03 de agosto de 2006.
INPE, <http://www.obt.inpe.br/cbers/cbers.htm>, acessado em 01 de agosto de 2006.
Mastermodel, <http://www.mastermodel.com/libat.htm>, acessado em 13 de julho de 2006.
Sistemas e Tecnologia Aplicada, <http://www.sta-eletronica.com.br/espec12.htm>, acessado em 07 de julho de 2006.
Valvolandia, <http://www.valvolandia.com.br/artigos.eficiencia.htm>, acessado em 10 de julho de 2006.
Pixmania, http://www.pixmania.com/energia-pilhas/ptpt1_7_44_171_0_0_0_00_sg.html, acessado em 10 de julho de 2006.