

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO – USF

EDUARDO DE OLIVEIRA ATAIDE

## **BATERIAS RECARREGÁVEIS**

Campinas  
2010

EDUARDO DE OLIVEIRA ATAIDE

## **BATERIAS RECARREGÁVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade São Francisco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica, sob a orientação da Prof<sup>a</sup>. Mestre Débora Meyhofer Ferreira

Campinas  
2010

EDUARDO DE OLIVEIRA ATAIDE

## **BATERIAS RECARREGÁVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade São Francisco, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Data de aprovação: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2010.

Prof. MSc. Débora Meyhofer Ferreira – Orientadora

---

Prof. MSc. João Hermes Clérici- banca

---

Engenheira Flávia Moriwaki Siscari - banca

---

Aos meus familiares e à minha namorada Angélica  
Pelo apoio, acompanhamento e incentivo nesta empreitada.

Aos colegas de sala pelo companheirismo.

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível devido ao apoio de muitas pessoas que participaram direta ou indiretamente. Em especial:

- Agradeço a meu pai e minha mãe, por toda compreensão e amor;
- Aos meus irmãos, pelo carinho e disposição nos momentos em que precisei
- Em especial a Angélica pela preciosa ajuda na formatação deste trabalho e me acompanhado nos momentos difíceis;
- Agradeço a minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Mestre Débora Meyhofer Ferreira pela convivência diária;
- Agradeço aos amigos Eduardo Mattos, Norberto Hamamoto, Alexandre Maciel e Flávia Moriwaki que foram meus colegas de trabalho e me auxiliaram a desenvolver este trabalho durante o meu período de estágio.
- Agradeço ao colega Yan David e Zhang Wenfeng pela ajuda prestada nas informações técnicas disponibilizando o laboratório da empresa para verificar in loco os ensaios referente ao TCC em questão.
- Agradeço ao Cheng Yueyin e Lü Fangya pelas contribuições e pela oportunidade que me foi dada em estudar o assunto durante a minha permanência na China
- Aos meus amigos e familiares pela disposição em prestar a sua ajuda sempre que solicitada, às suas palavras animadoras.

“Somente a moralidade das nossas ações  
pode nos dar a beleza e a dignidade de viver.”

Albert Einstein

## RESUMO

As baterias recarregáveis são utilizadas em diversos equipamentos eletrônicos e bens de consumo. Atualmente, verifica-se o crescimento do uso desta tecnologia, que proporciona aos seus usuários, dentre outras coisas, praticidade e conforto. Tendo em vista esse cenário, desenvolvemos este estudo no intuito de analisar e demonstrar a tecnologia presente nas baterias recarregáveis, assim como as suas aplicações e sua importância no uso cotidiano. Além disso, buscamos compreender um novo tipo de tecnologia e, através deste conhecimento, uma maneira mais econômica e prática de utilizar os recursos da tecnologia das baterias recarregáveis.

**Palavras-Chave:** (Baterias, Ferramentas elétricas a baterias, ensaio em ferramentas a bateria)

## ABSTRACT

The rechargeable batteries are usually found in some electronics devices and some consumer's goods. Actually, we see the technology increasing, which offers to the costumer, among other things, your practicality and commodity. According to the scenario view, our study development provide the analyze and demonstrate the technology belongs to rechargeable batteries, as well as your application and also your daily importance. In additional, we try to reach to understand a new kind of technology and, through of it, an economy and practical way to use this technology resource of the rechargeable batteries.

Word-key: (Batteries, Cordless power tools, cordless power tools tests)



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Processo de carga e descarga.....	16
Figura 2 - Bateria e seus componentes.....	17
Figura 3 - Bateria secundária e seus componentes .....	17
Figura 4 - Comparação de densidade entre os tipos de bateria. ....	21
Figura 5 - <i>Battery pack</i> .....	23
Figura 6 – Circuito de carga da bateria .....	31
Figura 7 – Curva de descarga de uma bateria NiCd .....	33
Figura 8 – Curva de descarga de uma bateria NiMH.....	34
Figura 9 – Curva de descarga de uma bateria de Íons de Lítio .....	35
Figura 10 - Seções imaginárias da bateria.....	38
Figura 11 - Fluxo de corrente de acordo com a resistência interna .....	39
Figura 12 - Bateria de NiCd sem efeito memória.....	42
Figura 13 - Bateria de NiCd com formação cristalina. ....	42
Figura 14 - Bateria de NiCd restaurada.....	42
Figura 15 - Sealant gun e seus componentes.....	43
Figura 16 – Wolverine .....	44
Figura 17 - Detalhe do circuito eletrônico .....	49
Figura 18 - Conjunto testado. ....	50
Figura 19 - Carregador usado no teste. ....	50
Figura 20 - Detalhe do pacote de baterias .....	50
Figura 21 - Segundo carregador .....	51
Figura 22 – Teste de acompanhamento do ciclo de carregamento – amostra 02.....	51
Figura 23 – Ensaio de acompanhamento ciclo de carregamento – amostra 01.....	52
Figura 24 – Ensaio de acompanhamento ciclo de carregamento – amostra 01.....	54

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	A PROBLEMATIZAÇÃO DO TEMA.....	14
3.	COMO FUNCIONA A BATERIA .....	15
3.1.	– TIPOS DE BATERIA .....	16
3.2.	– BATERIA E SUAS APLICAÇÕES .....	18
3.2.1.	– Câmeras de vídeo .....	18
3.2.2.	– Câmeras fotográficas .....	19
3.2.3.	– Dispositivos Hospitalares.....	19
3.2.4.	– Ferramentas Elétricas .....	19
3.3.	- PRINCÍPIOS E DESEMPENHO DAS BATERIAS RECARREGÁVEIS.....	22
3.3.1.	– Célula de Níquel – Cádmiu.....	24
3.3.2.	– Célula de Níquel – Metal hídreto .....	25
3.3.3.	– Célula de Íons de lítio .....	27
3.4.	– PROCESSO DE DESCARGA E CARGA DAS BATERIAS .....	30
3.4.1.	– Taxa de capacidade C.....	31
3.4.2.	– Níquel Cádmiu (NiCd) .....	33
3.4.3.	– Níquel-Metal Hidreto (NiMH) .....	34
3.4.4.	– Íons de Lítio .....	35
3.4.5.	– Carregadores.....	35
3.4.5.1.	– Carga por corrente contínua.....	36
3.4.5.2.	– Carga por controle de temperatura.....	36
3.4.5.3.	– Carga por controle de temperatura.....	37
4.	VIDA DA BATERIA .....	38
4.1.	– DECLÍNIO DA CAPACIDADE .....	38
4.2.	– RESISTÊNCIA INTERNA .....	39
4.3.	– AUTO-DESCARGA EM NÍVEIS ELEVADOS .....	40
5.	EFEITO MEMÓRIA.....	41
6.	ENSAIOS.....	43
6.1.	- TESTES DO CONJUNTO CÉLULA .....	45

6.1.1.	– Características da célula .....	45
6.1.2.	– Avaliações .....	46
6.1.3.	– Temperatura para operação (umidade máxima de 85%) .....	46
6.1.4.	– Dimensões.....	46
6.1.5.	– Desempenho .....	46
6.1.6.	- Teste de queda .....	48
6.1.7.	- Teste de curto circuito .....	48
6.2.	– ENSAIO DE CARREGAMENTO DO CONJUNTO BATERIA.....	48
6.2.1.	- Verificar a existência/funcionamento do dispositivo de Segurança	48
6.2.2.	- Teste de carregamento da bateria .....	49
6.3.	– TESTE DE CONDIÇÕES AMBIENTAIS .....	52
6.3.1.	- Teste de umidade.....	53
6.3.2.	- Teste de ciclo de Temperatura.....	53
6.4.	– ENDURANCE.....	53
6.4.1.	– Endurance - teste sem carga.....	53
6.4.2.	- Endurance teste com carga.....	54
6.5.	- TESTES PRÁTICOS .....	54
6.6.	- TESTES INFORMATIVOS.....	55
6.7.	– TESTES DE SEGURANÇA AO USUÁRIO.....	55
7.	CONCLUSÃO .....	56
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>58</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>59</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como tema a atuação das baterias recarregáveis e sua utilização. Recentemente, as baterias ganharam grande expressão através do aumento de sua gama de utilização, principalmente nos equipamentos portáteis, como *notebooks*, celulares e ferramentas elétricas. Em face a esta realidade, passamos a ter nas baterias recarregáveis uma fonte de energia portátil e, por esta razão, podemos considerá-las como um marco dentre as invenções da humanidade.

Para embasar esta última afirmação, temos com exemplo a pilha de Volta<sup>1</sup>, que foi uma grande curiosidade tecnológica. De acordo com o site inglês *mpoweruk*<sup>2</sup>, o novo fenômeno eletroquímico rapidamente iniciou uma abertura para novos ramos relacionados a física, química e inumeráveis descobertas, invenções e aplicações. Os componentes eletrônicos, computadores e instrumentos industriais, engenharia de potência e muitas das indústrias químicas de hoje estão fundadas sobre as descobertas possibilitada pela bateria.

Tendo em vista a importância que as baterias recarregáveis tem adquirido em nosso cotidiano, visamos neste trabalho compreender este novo tipo de tecnologia, além de expor o conceito do funcionamento das mesmas.

O material que serviu como base ao nosso estudo constitui-se de documentos (artigos, teses, livros...) publicados em meio eletrônico, relatórios de ensaios, livros internacionais que possuem em seus textos relação direta com o objetivo do estudo, leitura de normas para a coleta de dados.

Este trabalho é constituído por sete capítulos, sendo que o primeiro descreve como as baterias estão se difundindo e sendo utilizadas em ferramentas elétricas.

O segundo capítulo esta diretamente relacionado a problematização do tema. O terceiro capítulo aborda os tipos de bateria que temos em nosso cotidiano e, principalmente, as que são usadas em ferramentas elétricas. Sendo assim, analisamos o funcionamento da bateria e seus componentes, conceitos de carga e descarga, os

---

<sup>1</sup> Recebe este nome devido a sua descoberta ter sido realizada por Alessandro Volta no século XVII (History of Batteries (and other things), 2005).

<sup>2</sup> Texto traduzido de: <http://www.mpoweruk.com/history.htm>, acesso em 23/10/10.

carregadores e seus conceitos e, sobre tudo, as vantagens e as desvantagens que temos de acordo com o tipo de bateria.

O ciclo de vida e as definições relacionadas a auto descarga encontrada nas baterias é tratado no capítulo quatro e, no capítulo seguinte, trata de uma particularidade encontrada nas baterias, vulgarmente conhecido como “efeito memória”; este efeito é encontrado nas que contém níquel em sua estrutura.

Por conseguinte, no sexto capítulo discorreremos como o comportamento da bateria está diretamente relacionado ao desempenho do conjunto bateria-carregador, analisando seus aspectos funcionais em uma ferramenta portátil elétrica (*cordless*). Para isso, tivemos como base alguns ensaios realizados durante o estudo.

Depois disso, embasando-se na análise desenvolvida, a discussão proposta neste trabalho é previamente concluída, finalizando com a apresentação completa dos dados que o fomentaram.

## **2. A PROBLEMATIZAÇÃO DO TEMA**

Nos últimos anos, o número de produtos que utilizam baterias recarregáveis cresceu no mercado, dentre os quais podemos citar as ferramentas elétricas. Como resultado, aumentou-se a necessidade de aprimorar o conhecimento sobre a capacidade das baterias recarregáveis e também sobre sua difusão e uso no mercado mundial.

Diante desta realidade, os fabricantes passaram a otimizar os custos e aproveitar ao máximo os recursos utilizados em seus produtos. Um exemplo disso é o telefone móvel: o foco é colocar em baterias de tamanhos menores uma alta densidade de energia e um baixo custo; a longevidade vem em segundo plano. Já nas ferramentas elétricas, aonde se procura a ergonomia e melhor aproveitamento da máquina, começam a desvincular alguns preconceitos perante as baterias e seu poder de ação com relação as que possuem cabos de alimentação.

Todas as baterias recarregáveis possuem em comum a habilidade de armazenar energia elétrica por um longo período de tempo, porém, dependendo da tecnologia aplicada, as baterias possuem algumas especificidades conforme veremos no próximo capítulo.

### 3. COMO FUNCIONA A BATERIA

Em termos simples, a bateria pode ser considerada como tubos elétricos. A reação química interna da bateria que ocorre entre o eletrólito e a parte negativa do eletrodo de metal produz um acúmulo de elétrons livres, cada um com carga negativa na parte negativa do terminal da bateria: o ânodo

A reação química entre o eletrólito e o eletrodo positivo dentro da bateria produz um excesso de íons positivos (átomos que necessitam de elétrons, assim, com uma conexão positiva de carga) no terminal positivo: o cátodo da bateria.

Metais diferentes têm afinidades distintas com os elétrons. Quando dois metais diferentes (ou compostos metálicos) são colocados em contato ou conectados através de um meio condutivo, existe uma tendência dos elétrons passarem de um metal com uma afinidade menor para elétrons (tornando-se carregado positivamente), para o terminal com maior afinidade, tornando-se negativamente carregado. Teremos uma diferença de potencial<sup>3</sup> (Buchmann, 2005) entre os metais apenas para balancear a tendência dos elétrons ao se transferirem entre os mesmos. Neste ponto, o equilíbrio de potencial é o que balanceia a diferença de propensidade (disposição para que o evento ocorra) dos dois metais em ganhar ou perder elétrons.

A bateria armazena energia em forma química em seus materiais ativos e pode converter em energia elétrica em utilização livre, isto significa, por meio de uma eletroquímica oxidação-redução, efeito Oxirredução. Cada célula de energia contém no mínimo três ou um pouco mais de quatro componentes:

- O ânodo ou eletrodo negativo é o redutor. Fornece elétrons para um circuito externo e é oxidado durante a reação eletroquímica (descarga<sup>4</sup>), geralmente é um metal.

- O eletrólito (condutor iônico) é encontrado entre o cátodo e o ânodo e sendo através dele que existe a transferência de carga dos íons. O eletrólito é um solvente que contém elementos químicos provendo a condutividade iônica. Deve não conter propriedades condutoras de elétrons para evitar auto descarga da célula. As partículas

---

<sup>3</sup> A pressão elétrica ou mais conhecida como diferença de potencial entre o positivo e o negativo é chamada de voltagem ou força eletromotriz (EMF) é um potencial elétrico, medido em volts, que produz o movimento de cargas elétricas.

<sup>4</sup> Nota: Teremos no capítulo 3 a parte sobre este assunto.

que necessitam de elétrons são chamadas de cátions; durante o processo eletroquímico, os cátions atravessam o eletrólito até o cátodo. Durante o processo de descarga, os ânions (que são os átomos com excesso de elétrons e assim negativamente carregados) são atraídos em direção ao ânodo.

- O separador eletricamente isola os eletrodos positivo e negativo.

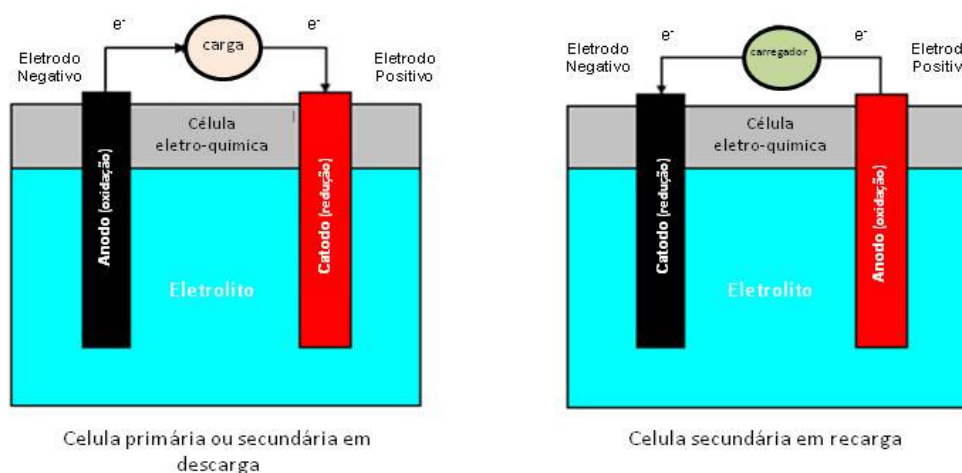


Figura 1 - Processo de carga e descarga

### 3.1. – Tipos de bateria

As baterias são divididas em diferentes categorias e, neste trabalho, mencionada a utilização das células secundárias. As células primárias (IEC, 2003) possuem uma reação eletroquímica que não é reversível, o que é vulgarmente denominado como pilha comum. Durante o processo de descarga, os compostos químicos são permanentemente transformados em energia elétrica até a exaustão dos compostos químicos; desta maneira, a energia só pode ser utilizada uma única vez.



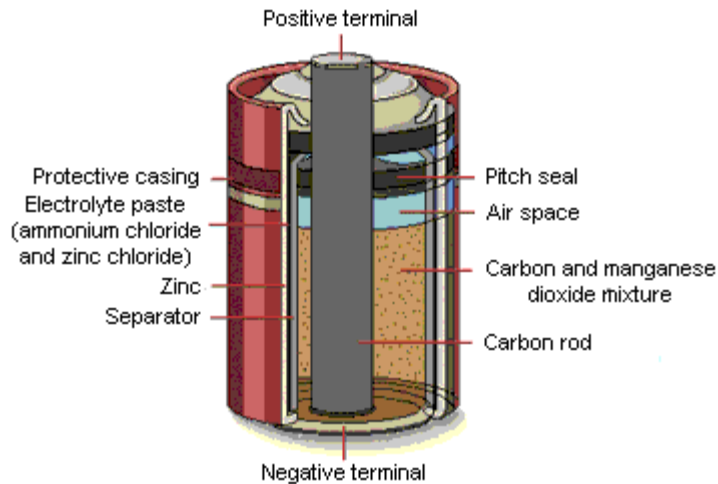


Figura 2 - Bateria e seus componentes

(Fonte: [http://www.mpoweruk.com/cell\\_construction.htm](http://www.mpoweruk.com/cell_construction.htm))

Nas células secundárias, a reação eletroquímica é reversível e os compostos químicos podem ser reconstituídos através de aplicação de um potencial elétrico entre os eletrodos injetando energia na célula, assim, as células podem ser carregadas e descarregadas várias vezes.

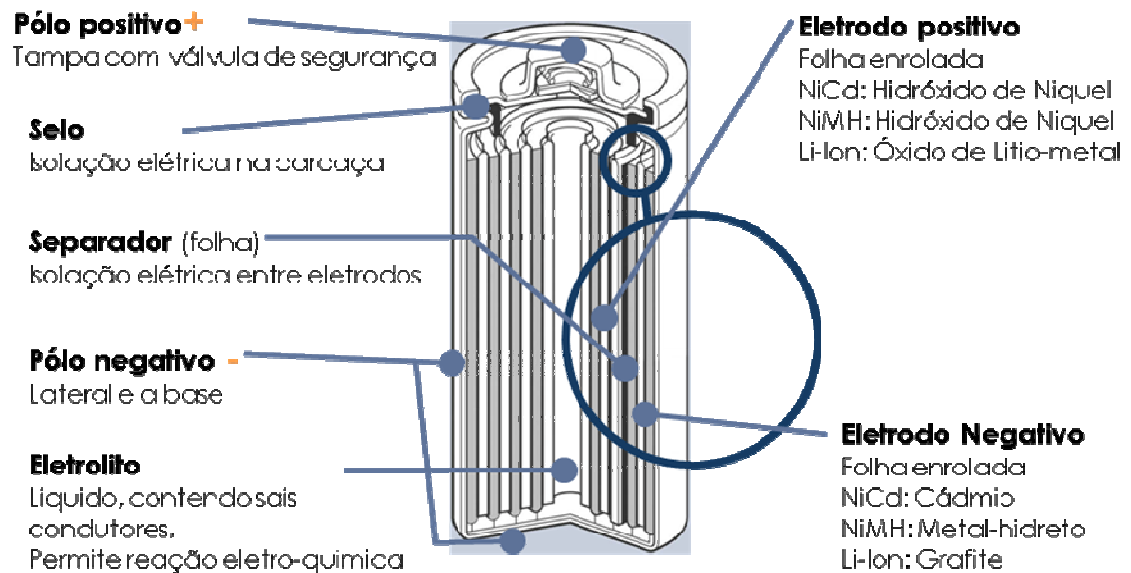


Figura 3 - Bateria secundária e seus componentes

## **3.2. – Bateria e suas aplicações**

Neste trabalho, daremos enfoque apenas a forma como as baterias recarregáveis estão presente em diversas tarefas em nosso dia-a-dia, como por exemplo, desde uma corrente de baixo fluxo de uma lanterna, “rajadas” intermitentes de alta corrente em uma ferramenta elétrica ou simplesmente pulsos de corrente nos equipamentos de comunicações digitais, laptops e câmeras.

### **3.2.1. – Câmeras de vídeo**

Nos dias de hoje, grande percentual de câmeras profissionais é alimentada por baterias de níquel-cádmio . Essas baterias são umas das mais duradouras em termos de vida útil, mas tem apenas uma moderada densidade energética e precisa periodicamente de uma completa descarga.

A necessidade de maiores ciclos já está causando uma mudança para o níquel metal-hidreto. Esta bateria oferece até 50% mais energia do que a de níquel-cádmio. No entanto, picos de corrente provenientes das câmeras digitais têm um efeito negativo no metal-hidreto, afetando a sua vida útil.

Há uma tendência para utilizar íon de lítio nas baterias das câmeras, entre as baterias recarregáveis, é a que possui a mais alta densidade energética e é leve. O preço e a incapacidade de fornecer altas correntes são a parte negativa. Além do mais, requer um circuito de proteção para proporcionar a segurança das operações em quaisquer circunstâncias. Cada célula em série está protegida contra picos de tensão e quedas bruscas de descarga. Além disso, o circuito de proteção limita cada célula a uma corrente de cerca de 2A. Mesmo em paralelo, a corrente de uma bateria de íon de lítio não é alta o suficiente para conduzir as câmeras digitais que necessitam de 10 a 15A corrente de pico. Testes conduzidos pela Cadex Electronics<sup>5</sup> têm mostrado que a algumas baterias aguentam picos de corrente acima do limite 2A/célula,

---

<sup>5</sup> Empresa que atua no seguimento a bateria produzindo aparelhos de testes para verificação de cargas.

porém, ainda sim, o problema do custo inibe a expansão da sua utilização no mercado.

### **3.2.2. – Câmeras fotográficas**

A exigência de energia de uma câmera digital profissional não costuma ser utilizada com frequência. Muita energia da bateria é necessária para tirar fotos, algumas com um flash em alta intensidade. As baterias de Íons de lítio são ótima para utilização, mas enfrenta desafios semelhantes aos das câmeras de vídeo.

### **3.2.3. – Dispositivos Hospitalares**

Um dos mais utilizados dispositivos médicos é o desfibrilador cardíaco. A bateria fornece mais de 10A durante os estágios de preparação. Vários choques podem ser necessárias para o coração do paciente voltar a bater novamente.

A maioria dos desfibriladores são alimentados por baterias de níquel-cádmio. Níquel metal-hidreto também está sendo utilizado, mas existe uma preocupação desta bateria possuir uma vida útil menor.

A indústria de equipamentos médicos está se movendo no sentido de utilizar os íons de lítio, porém, para desfibriladores, são ainda um desafio. Paralelismo das células e adição de limitador de corrente para os picos de alta corrente ainda são obstáculos

### **3.2.4. – Ferramentas Elétricas**

As ferramentas elétricas exigem até 50A de corrente e operam em um ambiente hostil. Por esta razão, às baterias acopladas as ferramentas devem suportar baixas e altas temperaturas, assim como devem resistir a choques e vibrações.

A maioria das ferramentas elétricas são equipadas com baterias de níquel-cádmio, a de níquel metal-hidreto também é utilizada, porém, com sucesso limitado.

A questão da longevidade é um problema, mas novos projetos vem melhorando. As baterias de íons de lítio são delicadas e não poderia fornecer a alta corrente.

Uma solução para colocar mais energia em ferramentas elétricas seria aumentar a tensão da bateria, devido à forte corrente e aplicação em baixas temperaturas, o que exigiria uma correspondência da célula nestas condições. A correspondência da célula torna-se mais crítica quanto o número de células ligadas em série aumenta. Uma célula fraca tem menos capacidade e é descarregada mais rapidamente que as mais fortes. Quanto maior a voltagem da bateria, mais provável será encontrar células fracas e danificadas.

Nas ferramentas elétricas, três tipos de baterias são utilizados: níquel-cádmio, níquel metal-hidreto e íons de lítio. O conceito para a utilização destas baterias, conforme nosso estudo, é o seguinte:

Níquel-Cádmio: principalmente aplicações portáteis devido a sua favorável utilização potência-peso.

Níquel Metal-Hidreto: estão aumentando em grande escala para repor os Níquel-cádmio, devido o crítico problema ambiental causado pelas baterias de Níquel-Cádmio

Íons de Lítio: possuem uma alta tensão nominal da célula e com um baixo valor de auto descarga. Considera-se de acordo com as suas características muito promissora para o uso nas ferramentas elétricas.

A capacidade das baterias é tecnicamente conhecida como VAh (volt-ampere hora) ou Wh (watt-hora), a eficiência, a capacidade por volume ou peso, é citado em Wh por unidade de volume ou Wh por unidade de peso (Wh/kg). Todos estes valores devem ser levados em consideração quando a bateria é designada para alguma função em especial.

Em sumo, o sistema de bateria das ferramentas elétricas necessita de propriedades especiais:

- operabilidade em várias posições de trabalho;
- sem agressão ao eletrólito;
- liberdade de manutenção;

- possibilidade de carga e descarga com altas correntes;

O conjunto bateria de Níquel-Cadmio ou Níquel-Metal Hidreto basicamente preenchem todas as exigências citadas acima com um alto grau de aceitação nas ferramentas elétricas. Nas ferramentas alimentadas a bateria todos os seus componentes e o conceito da máquina tem que estar em sincronismo com o conjunto bateria (carregador, células e base) visando acompanhar sua potência e eficiência. Nos dias atuais vemos uma maior atratividade no uso das baterias de Níquel metal-hidreto e Íon de Lítio devido às substâncias que são consideradas mais seguras no quesito ambiental. Também possuem o melhor aproveitamento referente a densidade de carga, tanto na questão volumétrica quanto em proporções de peso

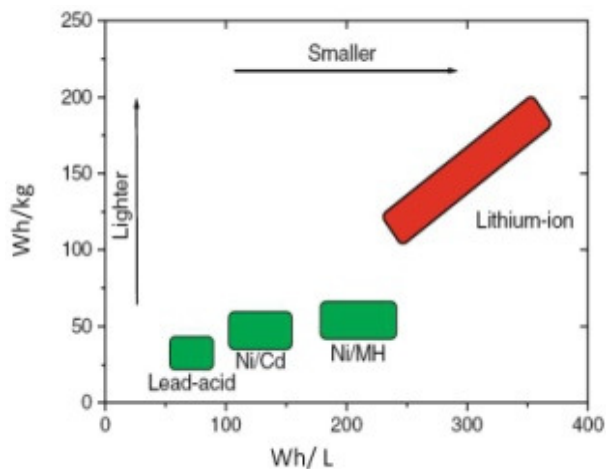


Figura 4 - Comparação de densidade entre os tipos de bateria.

Fonte: Materials for High-energy Density Batteries

Através do gráfico percebe-se que a bateria de Lítio tem uma densidade energética maior mas, ultimamente pode existir um nível maior de densidade devido ao novos desenvolvimentos deste tipo de bateria.

### 3.3. - Princípios e desempenho das baterias recarregáveis

As baterias são mensuradas por Ah (Ampére-hora) ou Wh (Watt-hora): um Watt-hora indica o quanto de energia armazenada ou também pode ser dito como a energia gasta pela bateria durante o período de uma hora: já se tratando de Ah é a unidade de medida de capacidade da bateria, um Ah significa o quanto de energia armazenada na bateria suficiente para fornecer uma corrente de um ampére durante uma hora. Uma bateria contendo 24 watt-hora por exemplo é possível operar uma ferramenta elétrica consumindo 24 watt durante uma hora, se acaso a máquina exigir uma potência maior, por exemplo, 48 watt a máquina somente poderá funcionar em um período de trinta minutos. Estes cálculos são somente como referência, sendo que, na prática com uma exigência de uma maior potência de saída, outras características da bateria serão afetadas reduzindo o tempo de operação da máquina.

A potência de saída sempre será diferente da de entrada, pois temos a perda de tensão em 4 diferentes partes:

- 1) a corrente atravessa do pólo positivo do conjunto da bateria até o motor;
- 2) no motor através da escova de carvão até o coletor;
- 3) do coletor até a segunda escova de carvão,
- 4) e do pólo negativo de volta ao conjunto de bateria, considerando 0,1V perdido em cada etapa temos um total de 0,4V.

Levando em consideração o tudo o que foi discutido, o desempenho da bateria esta diretamente ligado aos materiais que compõem as baterias e também dependerá da sua energia contra potência que será utilizada, custo, considerações de segurança e o tipo de aplicação ( exemplo: equipamentos eletrônicos portáteis contra o uso em ferramentas elétricas).

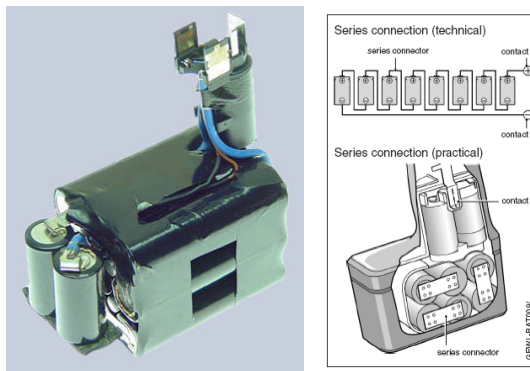


Figura 5 - Battery pack

Fonte: Holger H. Schweizer - Handbook for trade and Industry – pg 294 - 2006

A tensão da bateria só é constante teoricamente: pode-se verificar isto comparado as máquinas que são alimentadas via cabo: a tensão da rede fornece a energia de 220V/127V e pronto. Não importa o quanto está sendo a rotação ou a carga que é aplicada o sistema sempre alimentará 220V/127V. Infelizmente, o mesmo não ocorre nas baterias recarregáveis: um exemplo claro é quando se executa uma tarefa aonde se aumenta a carga na máquina alimentada da bateria exigindo um maior esforço, é possível você perceber uma pequena queda de tensão pois a velocidade de rotação do motor é um pouco reduzida e este fenômeno é conhecido como *easing off* (Mechanics, 2000) .

TABELA I  
CARACTERÍSTICAS DAS BATERIAS

	NiCd	NiMH	Li-Ion
Densidade Energia Wh/kg	50	75	100
Ciclo de vida <sup>a</sup> (típico)	1500	500	300-500
Auto descarga <sup>b</sup>	Moderado <sup>c</sup>	Alta	Baixo
Voltagem da célula, V	1,25	1,25	3,6
Corrente de carga <sup>d</sup>	Muito alto	Moderado	Alta
Custo da bateria <sup>e</sup>	Baixo	Moderado	muito alto
Uso comercial desde	1950	1970	1990

Fonte: Eletronic Handbook Jerry C.

<sup>a</sup> Indica o número típico de carga e descarga antes da capacidade cair de 100 para 80%

<sup>b</sup> Indica a auto descarga da bateria quando não esta em uso

<sup>c</sup> Moderado refere-se a 1-2% da perda de capacidade por dia.

<sup>d</sup> Corrente de carga é o máximo de corrente recomendada a proporcionar, alta refere-se a carga de 1C

<sup>e</sup> É o preço estimado comercialmente

### 3.3.1. – Célula de Níquel – Cádmio

Sueco Waldmar Jungner inventou a bateria de níquel cádmio em 1899. Naquela época, os materiais eram muito caros em comparação com outros tipos de baterias disponíveis e seu uso era limitado a aplicações especiais. Em 1932, os materiais ativos foram depositadas dentro de um eletrodo poroso a base de Níquel e em 1947 começou a pesquisa para o uso em uma bateria de níquel-cádmio selada.

A bateria de Níquel-cádmio é melhor aproveitada em cargas rápidas. É robusta e de fato é a único tipo de bateria que possui condições de apresentar um bom desempenho sob condições de rigoroso trabalho. Esta bateria apresenta grandes falhas ao se deixar por muito tempo em carga e se for utilizada por breves períodos de tempo. Um periódico ciclo de total descarga é necessário e importante porque se acaso não ocorra, cristais se formarão nas células de carga e a bateria diminuirá gradualmente seu desempenho..

Entre as baterias recarregáveis, a bateria de Níquel-cádmio tende a ser muito utilizada em equipamentos médico-hospitalares e ferramentas elétricas. Existe uma tentativa de mudar e utilizar baterias com alta densidade energética e que utilizam metais menos tóxicos em sua construção. Porém, as alternativas encontradas até então não atingem uma durabilidade superior e um baixo custo quanto a bateria de Níquel-cádmio. Abaixo temos algumas vantagens e desvantagens deste tipo de bateria:

#### **Vantagens:**

- Rápido e simples carga, mesmo após armazenamento prolongado.
- Elevado número de ciclos de carga/descarga - se devidamente mantido, Níquel-cádmio, oferece mais de 1.000 ciclos de carga/descarga.
- Bom desempenho de carga: níquel-cádmio permite recarregar em baixas temperaturas.
- Longa vida útil: armazenamento de cinco anos é possível.
- Armazenamento e transporte Simples - a maioria das empresas aéreas aceitam níquel-cádmio sem condições especiais.



- Bom desempenho a baixas temperaturas.
- Níquel cádmio é uma das mais robustas baterias recarregáveis.
- Baixo preço: níquel-cádmio é a mais barata em termos de custo por ciclo.
- Disponível em vários tamanhos e opções de desempenho: a maioria das células de Níquel-cádmio são cilíndricas.

#### **Limitações:**

- Densidade energética relativamente baixa.
- Efeito memória: Níquel-cádmio devem periodicamente ser carregadas/descarregadas para evitar a o efeito memória.
- Prejudiciais ao meio ambiente: níquel-cádmio contém metais tóxicos. Alguns países restringem o seu uso.
- Relativamente elevado índice de auto-descarga: necessita ser recarregada após o armazenamento

### **3.3.2. – Célula de Níquel Metal-Hídreto**

A pesquisa sobre o Níquel metal-hidreto começou em 1970 como uma forma de armazenar o hidrogênio em uma bateria de hidrogênio-níquel. Atualmente, o hidrogênio níquel é usado principalmente para aplicações de satélites. pilhas de hidrogênio níquel são volumosas, necessitam de aço de alta pressão, formato cilíndrico e custam milhares de dólares por célula.

O sucesso do Níquel metal-hidreto tem sido impulsionado pela alta densidade energética e pela utilização de metais menos nocivos ao meio ambiente. O hidreto de níquel encontrado em dias atuais oferece uma maior densidade de energia de 40% em comparação com o padrão de Níquel-cádmio. Há potencial para capacidades ainda maiores, mas não sem alguns efeitos colaterais.

O Níquel metal-hidreto é menos durável do que o Níquel-cádmio. Ciclos de trabalho com carga pesada e de armazenamento em alta temperatura reduz a vida útil. A bateria de Níquel metal-hidreto sofre de alta auto-descarga , maior do que a de Níquel-cádmio.

A bateria de Níquel metal-hidreto tem substituído a bateria de Níquel-cádmio nos mercados, como as comunicações sem fio com relação a computação móvel. Os especialistas concordam que o Níquel metal-hidreto tem melhorado suas propriedades durante os últimos anos, mas as limitações permanecem. A maioria das deficiências provém da tecnologia baseada no níquel e são compartilhados com Níquel-cádmio. É amplamente aceito que o Níquel metal-hidreto é um passo intermediário para a base da tecnologia dos Íons de Lítio.

Aqui está um resumo das vantagens e limitações das baterias de Níquel-Metal-hidreto.

### **Vantagens**

- Capacidade de 30-40% maior do que o padrão de Níquel-cádmio. Níquel-Metal-hidreto ainda possui um potencial para altas densidades de energia.
- Menos propensas a efeito memória do que o Níquel-cádmio não existe a necessidade de exercitar a bateria (carga/descarga).
- Simples armazenamento e transporte: o transporte não está sujeito a controle regulamentar.
- Meio ambiente: contém apenas as toxinas leves e é rentável para a reciclagem.

### **Limitações**

- Tempo de vida limitado: o desempenho começa a se deteriorar após 200-300 ciclos se repetidamente existir ciclos completos de carga/descarga.
- Armazenamento relativamente curto de três anos. Boa temperatura e carga parcial retarda o envelhecimento.
- Limitada corrente de descarga: apesar do Níquel-Metal-hidreto ser capaz de fornecer altas correntes de descarga, cargas altas na utilização da bateria diminuem o ciclo de vida.

- Algoritmo de carga mais complexo: a bateria de Níquel-Metal-hidreto gera mais calor durante a carga e requer uma carga bem mais longa do que a de Níquel-cádmio.
- Alta auto-descarga: tipicamente 50% superior do que Níquel-cádmio.
- Degrada o desempenho, se for armazenado a temperaturas elevadas: a bateria de Níquel-Metal-hidreto deve ser armazenada em local fresco a 40% do estado de carga.
- Alta manutenção: a bateria de Níquel-Metal-hidreto exige uma plena descarga para evitar a formação de cristais. Níquel-cádmio deve ser exercitado uma vez por mês, Níquel-Metal-hidreto uma vez a cada três meses.

### 3.3.3. – Célula de Íons de lítio

O pioneiro a trabalhar com este tipo de célula foi GN Lewis em 1912, porém, só em 1970 as primeiras baterias recarregáveis foram comercializadas. As tentativas de desenvolver as baterias de Lítio sempre fracassaram devido a segurança em manusear este composto químico. O metal de Lítio é instável principalmente no seu carregamento, pesquisas conduziram para uma bateria não constituída de lítio metálico usando os Íons de lítio. Embora ligeiramente mais baixa na densidade de energia do que o metal de lítio, íon de lítio é seguro, desde que certas precauções no ciclo de carga de descarga da bateria. Em 1991, a *Sony Corporation* foi a primeira a comercializar a bateria de íons de lítio.

A densidade de energia de Íons de Lítio é geralmente o dobro do padrão de níquel-cádmio, pois há potencial para altas densidades de energia. As características de carga são razoavelmente boas baseando no estudo empregado e através dos materiais de consulta pode se dizer, que se comportam da mesma forma para Níquel-cádmio em termos de descarga. A alta tensão da célula de 3,6 volts permite configurar baterias com apenas uma célula, devido a isto, a maioria dos telefones móveis de hoje possuem uma única célula e um *pack* ( pacote composto das células recarregáveis) com base de níquel exigiria três pilhas 1,2 volts ligadas em série.

Íons de lítio é uma bateria de baixa manutenção, uma vantagem a mais que outros químicos não podem reclamar. Não existe efeito memória e nenhum ciclo programado é exigido para prolongar a vida da bateria como ocorre nas de Níquel. Além disso, a auto-descarga é menos da metade em comparação a bateria de níquel-cádmio. Células de Íons de lítio causam pouco dano, quando descartadas. Apesar de suas vantagens em geral, Íons de lítio tem suas desvantagens, dentre elas, em ser frágil e requerer um circuito de proteção para manter uma operação segura. Criada em bloco, o circuito de proteção limita a tensão de pico de cada célula durante a carga e impede a tensão da célula cair drasticamente durante o processo de descarga. Além disso, a temperatura da célula é monitorada para prevenir temperaturas extremas. A carga máxima e corrente de descarga na maioria dos pacotes limita-se entre 1C e 2C.

O envelhecimento é uma preocupação com a maioria das baterias de Íons de lítio. Em algumas, a deterioração da capacidade é perceptível após um ano, independentemente se a bateria está em uso ou não; após dois anos ou três, a bateria falha freqüentemente. São poucos os casos de que algumas baterias de Íons de lítio trabalharam sem problemas durante cinco anos em algumas aplicações.

Os fabricantes vem aprimorando constantemente este tipo de bateria. Novos reforços e combinações químicas são introduzidas a cada seis meses. Com a evolução tão rápida, é difícil avaliar o qual será o desempenho da bateria de acordo com a sua idade.

Uma forma de retardar o processo de envelhecimento de Íons de Lítio é armazenar as baterias em local fresco. Por isso, . Os fabricantes recomendam temperaturas de armazenamento de 15 ° C (59 ° F). Além disso, a bateria deve ser parcialmente carregada durante o armazenamento (recomendado pelos fabricantes: uma taxa de 40%).

### **Vantagens das baterias de Íons de Lítio:**

- Alta densidade de energia: potencial para capacidades ainda maiores.

- Relativamente baixa auto-descarga: é menor que a metade das baterias baseadas em níquel.
- Baixa Manutenção: nenhuma descarga periódica é necessária, não há efeito memória.
- Células especiais podem fornecer alta corrente para aplicações em ferramentas elétricas

### **Limitações das baterias de Íons de Lítio:**

- Requer circuito de proteção para manter a tensão e corrente dentro de limites seguros.
- Sujeito ao envelhecimento, mesmo se não estiver em uso: o armazenamento em local fresco em 40% de carga reduz o efeito do envelhecimento.
- Restrições transporte - transferência de grandes quantidades podem ser sujeitas a controle regulamentar.
- Alto custo: aproximadamente 40 por cento mais cara do que de níquel-cádmio.
- Em desenvolvimento: os metais e produtos químicos estão mudando numa base contínua.

Na década de 90, pesquisadores da Sony<sup>6</sup> conseguiram aprimorar e comercializar a tecnologia dos Íons de Lítio. Uma das características de apresentar uma boa densidade energética estão nos seus compostos e a estrutura dos materiais melhorando o fluxo de íons entre os eletrodos; assim, o alto fluxo de íons reduz a resistência interna e aumenta a capacidade de carga. Existe uma preocupação enorme quanto ao acúmulo de calor e a temperatura da célula não deve ultrapassar 80 °C.

A preocupação em relação à temperatura é enorme devido à autodestruição da bateria termicamente levando-a a explosão. Para minimizar estes efeitos e o risco existente, variados tipos de controles e

---

<sup>6</sup> *Sony Electronic Corporation*, empresa japonesa fundada em 1946 por Masaru Ibuka e Akio Morita, conhecida inicialmente pelo invento do transistor radio. Fonte: [http://news.sel.sony.com/en/corporate\\_information/sitemap](http://news.sel.sony.com/en/corporate_information/sitemap), acesso em 13/11/2010 às 16h08.

requisitos internacionais de transporte são extremamente essenciais quando se trata de Íons de Lítio.

A “IATA”<sup>7</sup> exige a utilização da UN3480<sup>8</sup> que visa padronizar as cargas compostas por baterias de Íons de Lítio. A IEC também possui uma padronização para transportes que é a IEC 62281<sup>9</sup>.

Durante este estudo, encontramos várias informações e comentários sobre este risco nas baterias de Íon de Lítio. As ferramentas elétricas movidas a este tipo de bateria devem seguir padrões rigorosos de segurança do usuário e existe uma norma totalmente voltada para este tipo de bateria: IEC 61960, IEC 62133 e UL1642.

### **3.4. – Processo de descarga e carga das baterias**

A carga e a descarga de uma bateria é um fator importante e determinante para o seu ciclo de vida e além do mais, determinante para seu desempenho e fornecimento de energia.

A descarga de uma bateria acontece quando a bateria esta totalmente carregada, existe um excedente de elétrons no anodo que resulta em carga negativa e um déficit no catodo resultando em uma carga positiva, assim, existe uma diferença de potencial atravessando a célula como já foi mostrado na figura 01.

Quando o circuito é completado, o excedente de elétrons flui através de um circuito externo da carga negativamente carregada do ânodo que aceita, balanceando o sistema neutralizando as cargas positivas do cátodo. Esta ação reduz a diferença de potencial quase a zero. O circuito é balanceado através do fluxo dos íons positivos no eletrólito do anodo até o catodo. Se os elétrons estão negativamente carregados a corrente elétrica neles apresenta um fluxo em uma direção oposta do catodo (positivo) até o anodo (negativo), em outras palavras, a célula da bateria é descarregada se um circuito elétrico entre os pólos é fechado, como resultado, uma corrente de descarga flui através da célula.. Não existem

---

<sup>7</sup> Air Transport Association – [www.iata.org](http://www.iata.org)

<sup>8</sup> O material pode ser encontrado no site: [http://www.iata.org/whatwedo/cargo/dangerous\\_goods/index.htm](http://www.iata.org/whatwedo/cargo/dangerous_goods/index.htm), acessado em 02/04/2010 às 19h57

<sup>9</sup> IEC 62281 - *Safety of primary and secondary lithium cells and batteries during transport*, 2004-05

definições exatas do ciclo de descarga a bateria recebe muitas descargas curtas e recargas subsequentes. A curva de descarga de uma bateria sempre dependerá principalmente da taxa de capacidade “C” (Kularatna, 1998) da célula.

Em relação a carga da bateria, existe a sua carga aplicando uma diferença de potencial maior do que a tensão da célula. Como resultado, uma corrente de carga flui pela célula, a corrente começa um processo químico-físico nos eletrodos (anodo e catodo) inversamente ao que foi descrito acima. A maior diferença entre a tensão aplicada e a tensão da célula e a corrente de carga determinam o tempo necessário para a carga da bateria. No entanto, a carga da corrente não pode ser aumentada desenfreadamente pensando que o tempo de carga será reduzido proporcionalmente. A tecnologia da célula e a estrutura da mesma determinam a segurança no processo de carga. A corrente de carga sempre é relacionada através da capacidade da taxa de capacidade C da célula.

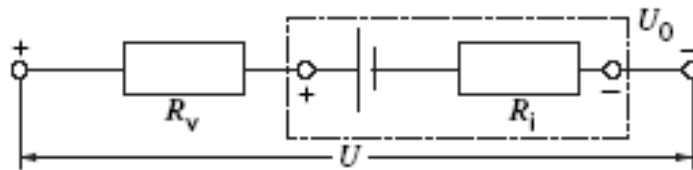


Figura 6 – Circuito de carga da bateria

Fonte : Holger H. Schweizer Practical data - trade and industry - BO\_LEX\_GB\_high.pdf – pg 55, 2006

$$U - U_0 = (R_v + R_i) \cdot I$$

U = Tensão da linha, U<sub>0</sub> = Circuito aberto da bateria, R<sub>v</sub> = Resistência em série, R<sub>i</sub> = Resistência interna da bateria. Para carregar a bateria, a tensão de carga deve ser superior a tensão de circuito aberto da bateria

### 3.4.1. – Taxa de capacidade C

Antes de mencionar o processo de descarga e carga por tipo de bateria, explicaremos um dos fatores importantes para determinar as finalidades da utilização de baterias de acordo com a sua capacidade.

Carregar a bateria é um dos principais problemas encontrados ao se desenvolver um produto envolvendo as baterias recarregáveis, eles tem que possuir carregadores correspondentes aos dados da bateria em conjunto com o atendimento das outras especificações já citadas anteriormente.

A carga e a descarga de uma bateria possui algumas definições básicas que são determinadas através da corrente fornecida em níveis diferenciados determinados e classificados por “C”. Em resumo, a diferença de potencial existente na tensão aplicada na bateria em relação a tensão da bateria em si, determina uma corrente que de acordo com a intensidade, acelerando o processo de carga. A tecnologia da bateria e a estrutura da célula determinam qual é o fator “C” seguro para a carga. Uma carga diferente do fator pode danificar e até destruí-la. A carga 1C equivale a corrente necessária para obter uma carga da bateria em um período de uma hora, 2C para uma carga de meia hora, 5C<sup>10</sup> (IEC, 2003) para uma carga de um quinto de hora. Exemplo: uma célula de 2Ah é carregada em uma hora aplicando uma corrente de 2 ampéres, uma célula de 2Ah é carregada em trinta minutos com uma corrente de 4Ah e uma bateria com 2Ah carregará em 12 minutos aplicando uma corrente de 10A. Portanto:

$$nC = \frac{\text{tempo}}{n}$$

n = número de constantes de carga

tempo = hora (60 minutos)

C = constante de carga (A)

---

<sup>10</sup> Conforme IEC 61951-2, esta taxa refere-se ao valor popular de capacidade de uma única célula em um conjunto de bateria. Sendo um item de norma verificado junto aos fabricantes

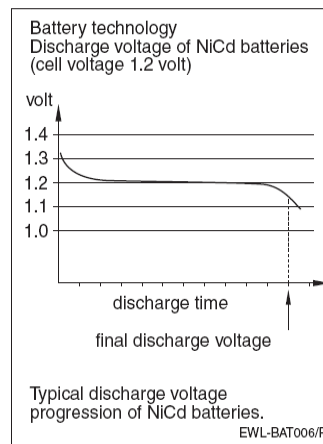


Ao se tratar da descarga de uma bateria existem também alguns cuidados a serem tomados: a descarga não pode ser reduzida por acaso pois pode danificar a bateria e até destruí-la.

### 3.4.2. – Níquel Cádmio (NiCd)

A tensão de descarga de uma bateria de NiCd mantém-se relativamente constante próximo da sua total descarga, depois, cai bastante acentuadamente. Este fenômeno de queda abrupta também é conhecido como Tensão de Plateau<sup>11</sup> (Kularatna, 1998), uma das maiores vantagens da bateria de NiCd. A curva de descarga da bateria é proporcionada pelos efeitos de todas as aplicações variáveis, o que proverá uma completa descrição da descarga na mesma.

Diferenças de design, construção interna, e as condições de uso da célula afetam nas características de desempenho, podemos observar a taxa de descarga de uma bateria de NiCd conforme a figura abaixo:



**Figura 7 – Curva de descarga de uma bateria NiCd**

Fonte: Handbook for trade and industry - BO\_LEX\_GB\_high.pdf – 2006, pg. 302

De acordo com as frações de C rate, a conversão em gás e parte inutilizável é diretamente afetada. Assim, quando uma bateria de NiCd é

<sup>11</sup> Traduzido do texto do livro – Power Electronics design handbook pg. 140 – “Tensão de Plateau é o período de muito lenta redução de tensão que se estende desde a queda de tensão inicial no início de uma descarga para o joelho da curva de descarga até o sua descarga completa”

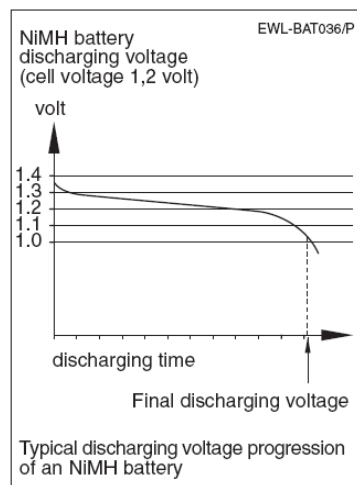
carregada, nem toda a energia fornecida é convertida em novamente para a utilização, a energia da carga também é convertida em forma inutilizável (Efeito memória) ou gerando gás.

### 3.4.3. – Níquel metal-hidreto (NiMH)

A célula de NiCd é mais tolerante e de rápida carga comparada com a NiMH o ciclo de carga e descarga é aproximadamente da ordem de dois para um, porém, as células de NiMH não possuem um efeito memória acentuado comparado ao NiCd. Dependendo da tecnologia seu preço é bem maior do que NiCd.

As tensões das células durante a descarga são similares das NiCd. As células de NiMH em circuito aberto possuem uma tensão de 1,3V a 1,4V, em moderadas taxas de descarga sua tensão de saída mantém-se constante e na ordem de 1,2V.

As características de carga e descarga do NiMH são consideradas idênticas as do NiCd, levando em consideração que a capacidade do NiMH e sua longevidade são o diferencial desta bateria.



**Figura 8 – Curva de descarga de uma bateria NiMH**

Fonte: Handbook for trade and industry - BO\_LEX\_GB\_high.pdf – 2006, pg. 304

### 3.4.4. – Íons de Lítio

O processo de carga e descarga das baterias de Íons de Lítio são diferenciados em relação as tecnologias NiCd e NiMH, primeiramente pelo fato de sua tensão ser três vezes maior e possuir uma impedância interna superior e devido as suas características químicas as células de Íons de Lítio não podem sofrer sobre-carga e sobre-descarga. Tensões acima do permitido poderiam permanentemente danificar a célula, por isso, o limite de descarga está entre 2V e 3V dependendo do fabricante.

O ciclo de carga começa com uma constante corrente limitada e uma constante tensão limitada especificada entre 4,1V e 4,3V  $\pm 1\%$ . Isto permite a máxima capacidade de carga sem danificar a célula. Devido as estas especialidades é muito difícil de fracionar C rate para as cargas das baterias de Íons de Lítio existindo somente uma carga “correta”.

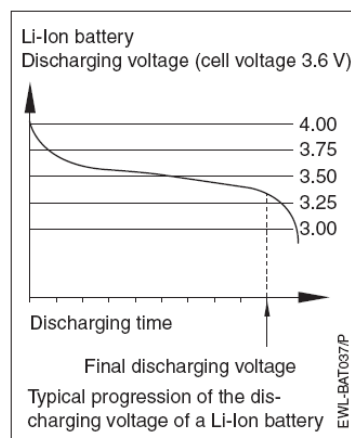


Figura 9 – Curva de descarga de uma bateria de Íons de Lítio

Fonte: Handbook for trade and industry - BO\_LEX\_GB\_high.pdf – 2006, pg. 310

### 3.4.5. – Carregadores

Os carregadores das baterias possuem um papel importantíssimo na atuação da bateria e devem seguir alguns parâmetros: tempo de carga, detecção de temperatura da bateria e condições de carregamento. O tipo de carregamento influencia no custo do carregador, existem tipos de

carregamento a serem mencionados: carga por controle de temperatura, carga controlada por tempo, carga contínua de corrente.

Os carregadores possuem dispositivos para controlar a corrente (como a temperatura da célula), caso contrário danos poderiam ser causados ao conjunto da bateria. Este é um dos fatores críticos na hora de se verificar a compatibilidade com as especificações do fabricante da célula da bateria.

Basicamente, existem dois tipos de carregadores para as baterias:

- Carregadores para células de Níquel.
- Carregadores para baterias de Íons de Lítio.

Enquanto os carregadores de NiCd e NiMH podem ser utilizados em igualdade os de Íons de Lítio são especiais devido as características da célula.

#### **3.4.5.1. – Carga por corrente contínua**

No caso de carga por corrente contínua a bateria é carregada por uma baixa e constante corrente. Com isto pode-se levar 12 horas para uma carga completa da bateria. Se a bateria permanece no carregador depois de sua carga total, o excesso de energia é transformada em calor que será dissipado. Se a relação corrente de carga e a capacidade da bateria são corretas, a bateria não será danificada . Estes tipos de carregadores são comumente encontrados nos chamados *plug-chargers*. Este tipo de carregador é barato, porém, necessitam de um longo período para carregarem a bateria até a carga completa.

#### **3.4.5.2. – Carga por controle de temperatura**

No seu princípio, é possível usar uma alta corrente de carga e utilizar o calor desenvolvido depois de atingido a carga completa para iniciar o controle, o problema destes tipos de carregadores está na deficiência

e a imprecisão do controle pois temperaturas externas podem influenciar. Sendo assim, este tipo de carga é inseguro e não utilizado.

#### **3.4.5.3. – Carga por controle de temperatura**

Neste caso, é o tempo que controla a carga, um timer é acionado quando o processo de carga inicia e, depois de um tempo pré-determinado em projeto para terminar o ciclo carga. Quando o tempo de carga chega ao fim, a corrente de carga é repentinamente diminuída a uma corrente de 0,5% da que foi iniciada. Assim, a bateria pode continuar conectada ao carregador sem haver qualquer danificação.

Um dos problemas deste método é o carregador não identificar quando a bateria possui uma capacidade de recarga maior e, após o determinado tempo, cai abruptamente o nível de corrente e para carregá-la totalmente, poderá levar horas para atingir a sua carga completa. O outro problema está em baterias que já possuem carga, se colocadas a carregar poderá ocorrer um aumento de temperatura pois atingem a carga completa rapidamente e o tempo estimado para o corte da corrente de carga não ocorreu, isso pode levar a bateria ao seu limite máximo de temperatura.

Devido a esta desvantagem é necessário um monitoramento térmico. É feito com a ajuda de um sensor térmico que é disposto diretamente na bateria. Se a bateria atingir uma temperatura pré determinada (usualmente 45º), o carregador automaticamente corta a corrente de carga para um nível baixo e evita que a temperatura da bateria suba abruptamente.

## 4. VIDA DA BATERIA

### 4.1. – Declínio da capacidade

A quantidade de carga de uma bateria pode diminuir gradativamente devido ao uso e ao envelhecimento. Produzida para oferecer uma capacidade de 100% quando é nova, a bateria deve ser substituída quando a sua capacidade se reduz para menos de 80% da classificação nominal de acordo com os estudos realizados.

O armazenamento de energia de uma bateria pode ser dividido em três seções imaginárias: a energia disponível, a zona de vazio que pode ser reabastecida, e a parte inutilizável (cristalizada), que aumenta com o envelhecimento. A figura a seguir ilustra essas três seções:



Figura 10 - Seções imaginárias da bateria

Fonte: [http://batteryuniversity.com/learn/article/the\\_battery\\_fuel\\_gauge](http://batteryuniversity.com/learn/article/the_battery_fuel_gauge)

Em baterias à base de Níquel, a formação cristalina é também conhecida como memória. A restauração é possível com uma descarga completa de um *volt* por célula. No entanto, se nenhuma descarga é realizada durante um período de mais ou menos quatro meses, uma reparação integral se torna cada vez mais difícil. Para evitar que o efeito memória ocorra, as baterias de Níquel devem ser descarregadas uma vez a cada um ou dois meses.

As baterias de Íons de lítio perdem a capacidade através da oxidação das células, um processo que ocorre naturalmente durante o uso e envelhecimento. O ciclo de vida típico é de dois a três anos em uso normal. O envelhecimento da bateria não é restaurado com o ciclo de descarga como nas baterias de Níquel.

## 4.2. – Resistência interna

A capacidade de uma bateria define a energia armazenada - a resistência interna regula a quantidade de energia que pode ser entregue a qualquer momento. Embora uma boa bateria é capaz de fornecer corrente de alta demanda, a tensão de uma bateria com elevada resistência tem uma queda sob uma carga pesada.

Uma bateria com alta resistência interna pode ter desempenho adequado em um aparelho de baixa corrente, como uma lanterna, leitor de CD portátil ou um relógio de parede. Equipamentos digitais, por outro lado, chamam a rajadas fortes correntes. A figura abaixo exemplifica a baixa e alta resistência interna, como uma torneira de escoamento livre e restrito.

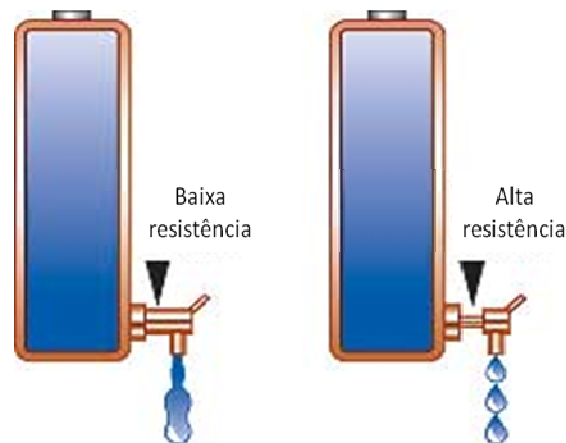


Figura 11 - Fluxo de corrente de acordo com a resistência interna

Fonte: [http://batteryuniversity.com/learn/article/the\\_battery\\_fuel\\_gauge](http://batteryuniversity.com/learn/article/the_battery_fuel_gauge)

A bateria de Níquel-cádmio oferece muito baixa resistência interna e fornece um alto nível de corrente. Em comparação, as baterias de Níquel metal-hidreto começam com uma resistência um pouco maior e aumentam rapidamente após 300-400 ciclos (carga – descarga).

Os Íons de Lítio tem uma resistência interna ligeiramente superior que as baterias de níquel. O Cobalto (material químico) tende a aumentar a resistência interna , devido ao envelhecimento. Enquanto que o Manganês (material químico) mantém a resistência ao longo da sua vida, mas perde a capacidade

através da reação química. Cobalto e Manganês são utilizados para os eletrodos positivos.

#### **4.3. – Auto-descarga em níveis elevados**

Todas as baterias sofrem de auto-descarga, das quais em baterias de níquel estão entre os maiores. Baterias de níquel perdem entre 10% a 15% da sua capacidade nas primeiras 24 horas após a carga, em seguida, 10% a 15% por mês. Os Íons de Lítio possuem auto-descargas de cerca de 5% nas primeiras 24 horas e depois de 1-2%. Adicionando circuito de proteção, a descarga aumenta para 3% ao mês. O circuito de proteção assegura que a tensão e a corrente em cada célula não devem exceder um limite seguro.



## 5. EFEITO MEMÓRIA

Segundo Nihal Kularatna, “efeito memória” pode ser descrito da seguinte forma:

*Tensão de Depreciação é ma condição eletricamente reversível e desaparece quando a célula é completamente descarregada e carregada. Este processo é algumas vezes chamado de condicionamento. Este efeito é erroneamente chamado algumas vezes de “efeito memória”<sup>12</sup>.*

Este efeito provém de descargas mal realizadas e, quando as baterias são colocadas em longos períodos de carga; este fenômeno ocorre principalmente em baterias a base de Níquel.

As partes ativas de uma bateria de Níquel são formadas por cristais finamente divididos. Em uma célula em boas condições, esses cristais permanecem pequenos obtendo uma máxima distribuição das mesmas.

Assim, o “efeito memória” ocorre quando existe um aumento formação de cristais nos materiais ativos do Níquel, os cristais crescem e escondem o material ativo do eletrólito. Em estágios avançados, os cristais criam arestas que chegam a penetrar no separador causando elevada auto descarga ou até um curto circuito. .

Nas baterias de Níquel-cádmio, este fenômeno ocorre com maior freqüência, tornando-se um problema significante para este tipo de bateria. Quando a bateria de Níquel metal-hidreto foi lançada, um dos argumentos para a sua inserção no mercado era o não aparecimento deste efeito em suas células, porém, após alguns anos, este argumento caiu em contradição

Assim, o efeito memória apresenta-se da seguinte forma:

NiCd: SIM

NiMH *batteries*: BAIXO

Lilon *batteries*: NÃO

A formação cristalina da bateria de Níquel-cádmio pode ser observada nas figuras a seguir:

---

<sup>12</sup> Traduzido de Nihal Kularatna, Power Electronics Design Handbook, 1998, p.151 : “Voltage depression is an electrically reversible condition and disappears when the cell is completely discharged and charged. This process is sometimes called conditioning. This effect is sometimes erroneously called the "memory effect.””



**Figura 12 - Bateria de NiCd sem efeito memória.**

Fonte: [http://dev.batteryuniversity.com/learn/article/memory\\_myth\\_or\\_fact](http://dev.batteryuniversity.com/learn/article/memory_myth_or_fact)

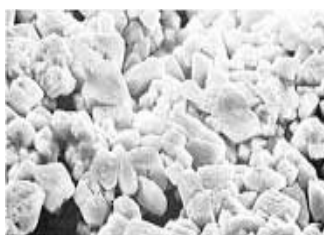
Na figura 12, os cristais possuem proporções expondo uma grande área de superfície ao eletrólito obtendo um desempenho máximo.



**Figura 13 - Bateria de NiCd com formação cristalina.**

Fonte: [http://dev.batteryuniversity.com/learn/article/memory\\_myth\\_or\\_fact](http://dev.batteryuniversity.com/learn/article/memory_myth_or_fact)

Na figura 13, os cristais já existem obstrução do material ativo do eletrólito. Deficiências nos cristais (arestas) já podem causar deformações no separador.



**Figura 14 - Bateria de NiCd restaurada.**

Fonte: [http://dev.batteryuniversity.com/learn/article/memory\\_myth\\_or\\_fact](http://dev.batteryuniversity.com/learn/article/memory_myth_or_fact)

A maneira mais eficiente de evitar o “efeito memória” é realizar ciclos de carga e descarga como mencionado no começo do capítulo. A figura 14 demonstra cristais restaurados após ciclos de “descarga-carga” que fazem com que os cristais diminuam de tamanho. De acordo com pesquisas realizadas pelas forças armadas americanas, um ciclo de descarga completa em uma bateria de Níquel-cádmio deve ocorrer utilizando tensões de 1V (volt) por célula até e ser carregada totalmente. Esta operação deve ocorrer pelo menos uma vez por mês (Whitaker, 2005, p.1251). Esta operação não é comprovada cientificamente para as baterias de Níquel Metal-Hidreto.

## 6. ENSAIOS

Para avaliar o desempenho e comportamento das baterias recarregáveis, tivemos que submetê-la a alguns testes, conforme as normas pertinentes, focando a sua utilização nas ferramentas elétricas.

Tendo isso em vista, neste trabalho serão referenciados os principais ensaios de acordo com as normas internacionais baseadas na IEC<sup>13</sup>, visando o aspecto construtivo da ferramenta e o conjunto bateria – carregador ao qual já foi discutido nos capítulos anteriores. Durante a pesquisa, utilizamos dois projetos ao qual estavam em fase de desenvolvimento pela empresa ao qual o atual autor deste trabalho acompanhou.

As ferramentas à bateria recarregável possuem diferentes operações de voltagem e uma comparação detalhada deve ser realizada para selecionar a bateria correta para a tarefa exigida. Alguns testes são realizados e comparados com os fatores técnicos que já são de conhecimento (dados de fabricação) e, baseado nisso, a verificação do comprometimento ou não das funções primárias da máquina atendendo os quesitos normativos nacionais.

Assim sendo, serão utilizados dois exemplos para demonstrar como esta análise é feita:

- Projeto 1: 13/06<sup>14</sup>: SKIL Sealant Gun cordless



Figura 15 - Sealant gun e seus componentes

---

<sup>13</sup>(IEC) *The International Electrotechnical Commission* são as normas internacionais e o órgão de avaliação da conformidade para todos os campos de eletrotécnica.

<sup>14</sup> Número dado ao projeto quando conforme registro da empresa.

- Projeto 2: SKIL Wolverine<sup>15</sup> Li-Ion Cordless Drill/Driver



Figura 16 – Wolverine

Os ensaios de verificação na Sealant Gun<sup>16</sup> serão para analisar o conjunto carregador – bateria, considerando sua utilização conforme padrões nacionais estabelecidos pela ABNT<sup>17</sup> visando as condições seguras para a utilização destes produtos em baixa tensão mantendo as características técnicas do conjunto bateria-carregador fornecidas pelo fornecedor Huanyu<sup>18</sup> para a célula bateria de NiMH SC1200<sup>19</sup>(vide anexo 01). Os principais testes realizados na Sealant gun serão:

- Conduzir o teste de carregamento da bateria (verificar corrente de carga, tempo de carga)
- Verificar existência e funcionamento do dispositivo de segurança no berço do carregador

O trabalho realizado na Wolverine é sintetizar a utilização da bateria de Íon de Lítio em conjunto com a furadeira verificando todas as normas coerentes e, através do mesmo, elaborar um plano de ensaio<sup>20</sup> para definir padrões de aceitação para a utilização do produto no mercado mundial. Para este projeto, existe a participação de um time de desenvolvimento de produto, ao qual serviu como base para as informações deste trabalho. Os principais testes aqui abordados sobre o projeto Wolverine serão:

<sup>15</sup> Nome dado ao projeto quando registrado na empresa, maiores detalhes encontram-se no anexo deste trabalho.

<sup>16</sup> Utilizaremos o Termo Sealant Gun para o projeto1 e Wolverine para o projeto 2

<sup>17</sup> (ABNT) Associação Brasileira de Normas Técnicas

<sup>18</sup> Huanyu Power Source CO. LTD - China (Corporation, 2007-2008)

<sup>19</sup> Ver anexos

<sup>20</sup> Lembrando que, o principal foco deste trabalho está em determinar o uso da bateria, portanto, os ensaios relacionados para o projeto Wolverine durante a pesquisa foram simplesmente de caráter informativo.

- Teste de condições ambientais (relacionadas ao ambiente);
- Testes de *endurance*;
- Testes de uso prático;
- Testes informativos;
- Testes de segurança para o usuário;

## 6.1. - Testes do conjunto célula

Nos itens a seguir, descreveremos os testes que comprovam o controle de capacidade e o ciclo carga-descarga da bateria, de acordo com a IEC para verificar a compatibilidade da bateria.

### 6.1.1. – Características da célula

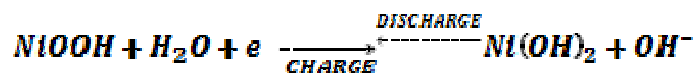
Para o estudo deste trabalho conforme já foi mencionado será verificar as condições e as especificações técnicas baseando na norma IEC 61951-2<sup>21</sup> visando os ensaios para verificar as aplicações da bateria de Níquel Metal-Hídreto feita pelo fornecedor Huanyu. Modelo: HYMPSC1200N<sup>22</sup>, tamanho SC1200.

Segundo Molina:

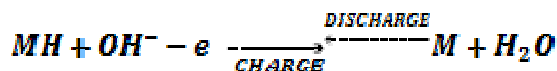
*A parte negativa da bateria cilíndrica de Níquel Metal-Hídreto da Huanyu é constituída de uma liga de hidrogênio, a parte positiva é NiOOH (hidreto metálico) e o eletrólito é KOH<sup>23</sup> de alta pureza.*

O processo eletroquímico está representado pelas seguintes reações abaixo:

A parte positiva do eletrodo:



A parte negativa do eletrodo:

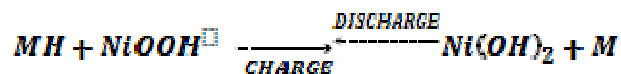


<sup>21</sup> A série IEC 61951 consiste em especificar as baterias de Níquel – Cádmio e Níquel-Metal-Hidreto e testes relacionados a estas células. A parte 2 trata somente dos testes para as células de Níquel Metal-Hidreto.

<sup>22</sup> A nomenclatura das células é determinada conforme item 5.1.2 da IEC 61951-2.

<sup>23</sup> Conforme descrito pelo Professor Mestre Luiz Molina Luz. Fonte: <http://www.mundovestibular.com.br/articles/1072/1/PILHAS-E-BATERIAS/Paacutegina1.html>

Reação Geral:



Durante a descarga, prótons ( $H^+$ ) se movem do negativo da liga de hidrogênio. Os elétrons livres circulam pela parte positiva através de um circuito externo, NiOOH do positivo recebe os elétrons do negativo e é dioxidado para  $Ni(OH)_2$ . A carga é apenas o oposto da descarga.

### 6.1.2. – Avaliações

Tensão nominal: 1,2V

Peso específico: 40g por célula

Carga padrão: 240mA ( $0.2C_5 A$ ) x 7,5 horas

Carga normal: 480mA ( $0.4C_5 A$ ) x 3,5 horas

Carga rápida: 1200mA ( $1C_5 A$ ) x 1,2 horas

(condições:  $-\Delta V = 10mV$ , tempo e temperatura controlados)

### 6.1.3. – Temperatura para operação (umidade máxima de 85%)

Carga padrão:  $-10 \sim +50^\circ C$

Carga rápida:  $-0 \sim +45^\circ C$

Carga rápida:  $-20 \sim +65^\circ C$

### 6.1.4. – Dimensões.

As dimensões da célula foram verificadas conforme anexo 01.

### 6.1.5. – Desempenho

Para verificar a desempenho<sup>24</sup> das baterias são necessários realizara alguns testes. Os testes são realizados com novas baterias (com um mês depois de entregue pelo fornecedor). Depois de carregada, a bateria deverá ser descarregada com  $0.2C_5 A$  até um fim de tensão de

---

<sup>24</sup> Idem a citação 8

1V/célula sobre as condições abaixo de acordo com as especificações do fabricante:

Temperatura:  $20 \pm 5^\circ\text{C}$

Umidade relativa: 45% ~ 85%

Nota:

Carga padrão:  $240\text{mA}$  ( $0,2C_5 A$ ) x 7,5 horas

Carga normal:  $480\text{mA}$  ( $0,4C_5 A$ ) x 3,5 horas

Descarga padrão:  $240\text{mA}$  ( $0,2C_5 A$ ) para 1V/ célula

TABELA III  
CARACTERÍSTICAS DA CÉLULA DO FABRICANTE

Teste	Unidade	Especificação	Condições	Observações
Tensão de abertura do circuito	V/célula	$\geq 1.30$	Uma hora depois da carga padrão	
Impedância interna	m $\Omega$ /célula	$\leq 25$	Em plena carga (1 kHz)	
Margem Média de descarga ( $1C_5 A$ )	Minuto	$\geq 54$	Carga padrão $\leq$ antes de descarregar	Até 3 ciclos são permitidos e tensão final é de 01V/célula
Margem Alta de descarga ( $5C$ )	Minuto	$\geq 9$	Carga normal antes de descarregar	Tensão final é de 0.8V/célula
Sobre carga	Minuto	$\geq 54$ Sem deformação e sem vazamento	Carregar por 48 horas ( $0,1C_5 A$ ) aguardar de 1-4 horas e descarregar a $1C_5 A$	Tensão final é de 1V/célula
Carga de retenção	mAh	$\geq 60\%$ da carga nominal	Carga padrão; armazenar durante 28 dias; descarga a $0,2C_5 A$	Temperatura $20 \pm 2^\circ\text{C}$
Ciclo de vida <sup>25</sup>	Ciclo	$\geq 500$	IEC 61951-2 (7.4.2.2.1)	
Vazamento		Sem deformação e sem vazamento	Carga total em $0,4C_5 A$ e armazenada durante 14 dias	Temperatura $20 \pm 5^\circ\text{C}$

<sup>25</sup> Teste de ciclo de vida nas baterias de Níquel Metal-Hidreto conforme IEC.

#### **6.1.6. - Teste de queda**

O teste de queda foi realizado conforme as condições exigidas pela IEC, que exige que a bateria não deve estar danificada quando jogada em um quadro de madeira com altura de 450mm.

#### **6.1.7. - Teste de curto circuito**

O teste de curto circuito foi realizado carregando a bateria com **0,4C<sub>5</sub> A** por 3,5 horas, “curto-circuitando” diretamente entre o pólo positivo e o negativo por uma hora e o resultado foi a não avaliação na célula referente à queima, rompimento do material.

### **6.2. – Ensaio de carregamento do conjunto bateria**

Avaliar carregamento da bateria do produto *Sealant Gun* em conjunto com o carregador, verificando a existência e funcionamento do dispositivo para analisar a compatibilidade com os padrões nacionais de tensão. Os testes realizados foram:

- Verificar existência e funcionamento do dispositivo de segurança no “berço” (parte do conjunto carregador aonde a bateria é posicionada para recarga) do carregador de bateria,
- Conduzir teste de carregamento da bateria (verificar corrente de carga, tempo de carga).

#### **6.2.1. - Verificar a existência/funcionamento do dispositivo de Segurança**

Foi analisado um carregador em conjunto com a bateria de Níquel Metal-Hidreto, principalmente observando os aspectos de temperatura, corrente e tensão tanto da bateria quanto nos carregadores testados. O fabricante determina o fator de temperatura padrão para um bom desempenho da



célula que pelo tipo é considerado TCO: 45<sup>o26</sup> (HUANYU, 2010). As amostras devem atender e corresponder às tensões de 220V/60Hz e manter as características já mencionadas pelo fabricantes. Dois carregadores foram analisados para verificar a compatibilidade com o sistema da bateria.

O circuito eletrônico de controle do carregador possui um SCR<sup>27</sup> para interromper a carga quando o termostato atua em função da temperatura. Após a interrupção, a bateria não é mais alimentada até que desligue o carregador ou recoloque a bateria no “berço”.



Figura 17 - Detalhe do circuito eletrônico

### 6.2.2. - Teste de carregamento da bateria

TABELA II  
CARACTERÍSTICAS DAS AMOSTRAS

	Pent (W)	U (V~)	Uout (Vdc)	Iout (A)	f (Hz)
Carregador 1	6	100-240	7,5	0,5	50/60
Carregador 2	10	230-240	7,5	0,5	50-60
	Célula	Ah	Qtde.células	Tensão cél. (V)	
Bateria	NiMH	2	4	1,2	

A Primeira carga na bateria foi realizada usando o carregador chaveado com tensão especificada de 100V-240V (carregador 01), com tensão de saída estabilizada de 7,5Vcc e corrente limite de 500mA, ligado na tensão de rede 220V/60Hz. Nesse ensaio, após 24 horas o carregador não

<sup>26</sup> Dado fornecido pelo fornecedor Huanyu: POWER SOURCE CO., LTD, NICKEL METAL HYDRIDE HANDBOOK., pg 2- 5, Junho 2010.

<sup>27</sup> Tiristor Simétrico

indicava carga total e o circuito eletrônico interno do carregador não interrompeu o ciclo de carregamento porque não atingiu a temperatura de corte do termostato encostado na bateria.

Assim, foi identificado que a causa provável para reprovação está em a tensão do carregador de bateria ser insuficiente.



**Figura 18 - Conjunto testado.**



**Figura 19 - Carregador usado no teste.**



**Figura 20 - Detalhe do pacote de baterias**

Devido ao problema apresentado, optou-se por testar com um carregador que possui as seguintes características: 230V-240V (carregador 2), 7.5Vdc e corrente limite de 500mA e em seguida novamente com o carregador da primeira carga.



Figura 21 - Segundo carregador

Fonte: o Autor

Usado o carregador, com tensão de saída 7,5V não estabilizado e corrente de 500mA limitado pelo transformador interno, ligado a tensão de rede 220V/60Hz. Nesse ensaio, o ciclo de carregamento completou após 3 horas. A temperatura da bateria atingiu 40°C, atuando o termostato e interrompendo a carga através do circuito eletrônico de controle.

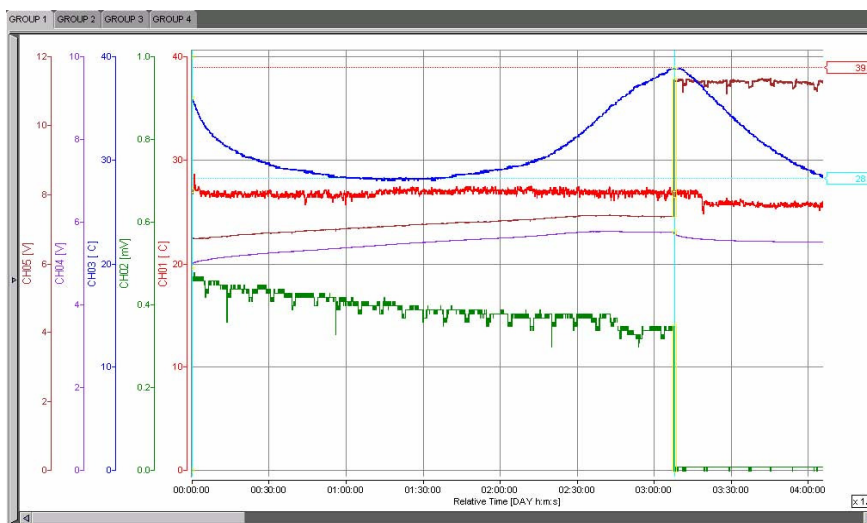


Figura 22 – Teste de acompanhamento do ciclo de carregamento – amostra 02

TABELA III  
DESCRIÇÃO DAS CURVAS

Canais	Descrição	Início	Término	Máximo
CH01	Temperatura Ambiente	27	26,6	28,7
CH02	Corrente de carregamento 1mV = 1 A	0,47	0,35	0,48
CH03	Temperatura da bateria	35,6	38,9	39,0
CH04	Tensão na bateria	5,04	5,78	5,81
CH05	Tensão no carregador	6,76	7,40	11,36
	Tempo [hh:mm:ss]	0:00:00	3:08:00	4:00:00

Na repetição do ensaio, houve a mesma ocorrência do primeiro ensaio, após 24 horas, o carregador não indicava carga total e o circuito eletrônico interno do carregador não interrompeu o ciclo de carregamento, pois não atingiu a temperatura de corte do termostato encostado na bateria.

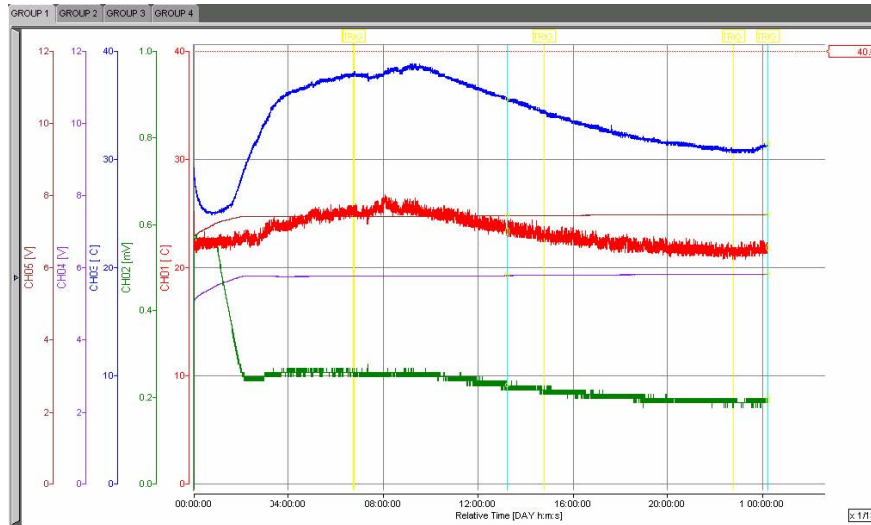


Figura 23 – Ensaio de acompanhamento ciclo de carregamento – amostra 01

TABELA IV  
DESCRIÇÃO DAS CURVAS

Canais	Descrição	Início	Término	Máximo
CH01	Temperatura Ambiente	22,5	22,0	26,8
CH02	Corrente de carregamento 1mV = 1 A	0,57	0,2	0,58
CH03	Temperatura da bateria	28,4	31,5	38,9
CH04	Tensão na bateria	5,12	5,82	5,83
CH05	Tensão no carregador	6,92	7,48	7,49
	Tempo [hh:mm:ss]	00:00:00	24:10:50	24:10:50

Através dos ensaios, podemos constatar que somente uma das amostras é compatível com as especificações dadas pelo fabricante.

### 6.3. – Teste de condições ambientais<sup>28</sup>

Avaliar o comportamento da máquina a bateria do produto Wolverine em conjunto com o carregador, verificando a sua funcionalidade em situações adversas a temperatura e umidade.

<sup>28</sup> Testes de acordo com a IEC 60745 - Part 2-2: Particular requirements for screwdrivers and impact wrenches

### **6.3.1. - Teste de umidade**

Este ensaio determina avaliar a funcionalidade da máquina após ser colocado em uma câmara simulando uma umidade de 95% em uma temperatura de 45° C. O *battery pack* deve ser colocado separadamente da máquina durante 48 horas.

Após as 48 horas, realiza-se uma inspeção visual tanto na máquina quanto no *battery pack* e também as partes envolvidas nas funções da máquina (interruptor, alavanca de comutação de sentido da rotação). Após esta verificação, a máquina perfura 25 furos.

Não ocorreu nenhuma avaliação durante este ensaio.

### **6.3.2. - Teste de ciclo de Temperatura**

Este ensaio determina avaliar a funcionalidade da máquina após exaustiva mudança de condição climática. A máquina juntamente com a bateria deve ser colocada em uma câmara inicialmente a uma temperatura de 75°C durante 7 horas ininterruptas, logo após coloca-se a uma temperatura de -20°C durante 7 horas. Repete-se este ciclo três vezes.

Após o ensaio toda a máquina é avaliada e verifica a seu funcionamento e suas funcionalidades.

## **6.4. – Endurance**

Os ensaios de Endurance, que significa em verificar de acordo com as especificações de projeto a resistência e a durabilidade da máquina simulando usos extremos por um determinado ciclo de tempo.

### **6.4.1. – Endurance - teste sem carga**

Para avaliar a durabilidade e a resistência do rolamento quando sujeitas a vibração normal. Através destes ensaios, que estão conforme padrão IEC, a máquina é posicionada em diferentes posições em funcionamento a

temperatura ambiente. As posições são conforme ciclos propostos de acordo com a norma.

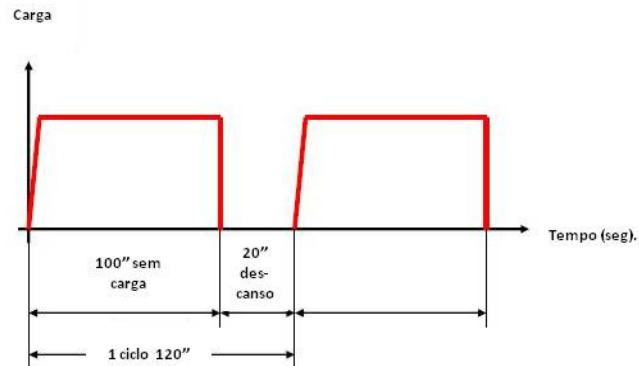


Figura 24 – Ensaio de acompanhamento ciclo de carregamento – amostra 01

Posição para os testes: vertical para cima (20% do tempo), horizontal (60% do tempo), vertical para baixo (20% do tempo).

#### 6.4.2. - *Endurance* teste com carga

Este ensaio visa verificar as condições da ferramenta determinando se o motor e a ferramenta como sistema podem atender o ciclo de vida como determinado em projeto e também serve como base para saber o ponto de falha da máquina. A máquina é montada em um freio com uma força axial de 100N, alimentada na tensão nominal (utilizando o conjunto bateria).

#### 6.5. - Testes práticos

Os testes práticos devem determinar as condições da ferramenta depois de exposta a 25% de ciclo de *endurance*, em uso manual. Este teste tem o caráter de assegurar que a ferramenta atenda satisfatoriamente no “campo” em imperfeitas condições. O projeto 2 deve cumprir especificações para uma furadeira / parafusadeira, portanto, segue alguns testes de parafusamento e perfuração em materiais utilizados para a construção civil, de acordo com as especificações técnicas.

## **6.6. - Testes informativos.**

Os testes informativos compõem uma série de verificações comparativas as informações técnicas das ferramentas e suas operações funcionais como: verificação da capacidade da bateria, funcionar em modo horário e anti-horário, as funções eletrônicas do interruptor, motor e condições de ruído.

## **6.7. – Testes de segurança ao usuário**

Estes testes visam promover ao usuário segurança mesmo caso aconteça quedas. Este teste já é praticado no conjunto bateria separadamente, porém, neste caso, toda a máquina, já com seus componentes (incluindo a bateria) devem sofrer quedas consecutivas em diferentes regiões da máquina avaliando as partes e, principalmente, a funcionalidade da mesma após a queda por cinco minutos no mínimo.

## 7. CONCLUSÃO

A energia fornecida de uma bateria recarregável tem significância nas principais fontes independentes das ferramentas elétricas e está em crescente expansão. Durante a sua utilização, as propriedades específicas da bateria devem ser consideradas, afim de que não comprometa a atividade ao qual se emprega e, principalmente, a integridade do usuário.

Durante os ensaios efetuados, verifica-se uma grande dificuldade em comprovar a compatibilidade do conjunto bateria-carregador de acordo com os requisitos do fornecedor, devido ao fato de alguns produtos possuírem especificações de outros países, principalmente, no aspecto relacionado a níveis de fornecimento de energia (poucos países, incluindo o Brasil, possuem 127V para utilizar em equipamentos). Ao se tratar das ferramentas elétricas a bateria, variações pequenas de tensão, podem alterar a configuração de carga e prejudicar o fornecimento do produto em determinados países sul-americanos devido a necessidade de homologação do mesmo.

Os testes são rigorosos e, principalmente no teste de *endurance* todas as máquinas passam por uma análise criteriosa, pois a marca das ferramentas elétricas utilizadas neste estudo possui como valor para o mercado transmitir qualidade e precisão, por este motivo, existe um grande rigor nos testes e por conseqüência na sua análise.

Em certos setores, as ferramentas elétricas a base de baterias dominam um segmento de mercado onde eles atingem estágios de desempenho comparáveis com as principais operações domésticas. O futuro desenvolvimento das baterias favorece uma tecnologia inovadora e um aumento de capacidade energética.

Os novos desenvolvimentos nas baterias a base de Íons de lítio dão uma nova abertura para o desempenho para as ferramentas elétricas alimentadas a bateria em um futuro próximo. De acordo com o estudo apresentado por este trabalho, a ênfase em demonstrar as questões relacionada as baterias recarregáveis nos leva a concluir que há pesquisa e desenvolvimento no setor acadêmico encontra-se em defasagem perante ao acompanhamento do mercado neste tipo de tecnologia.

Como a abordagem deste trabalho deu-se sobre os fundamentos básicos, recomenda-se uma análise mais aprofundada e oportunidade para trabalhos futuros nas questões referentes à carga, ao conhecimento acadêmico, ao desenvolvimento e



crescimento da tecnologia, a determinação dos parâmetros de fabricação e os materiais a serem utilizados nas baterias, para obter uma melhor compreensão no que se refere ao estudo dos carregadores e possíveis desenvolvimentos de baterias recarregáveis.

## REFERÊNCIAS

ABNT. (s.d.). *ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS*. Acesso em 18 de Abril de 2010, disponível em <http://www.abnt.org.br>

Buchmann, I. (2005). Baterias. In: J. C. Dibner, *The electronics handbook* (pp. 1246-1257). California: Taylor & Francis Group.

Buchmann, I. (2003). *Battery University . com*. Acesso em 7 de Setembro de 2010, disponível em Cadex Electronics Inc.: <http://batteryuniversity.com/parttwo-39.htm>

Corporation, U. S. (2007-2008). *Huanyu Power Source Corporation*. Acesso em 22 de Abril de 2010, disponível em Huanyu: <http://www.huanyubattery.com>

HUANYU. (2010). *Nickel Metal Hydride Handbook*. Xinxiang: Huanyu.

IEC. (2003). *IEC 61951-2: Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes, portable sealed rechargeable single cells - part 2: Nickel-metal hydride*. Geneva: INTERNATIONAL ELETROTECHNICAL COMMISSION.

IEC - INTERNATIONAL ELETROTECHNICAL COMMISSION. (s.d.). *IEC*. Acesso em 18 de Abril de 2010, disponível em <http://www.iec.org>

Kularatna, N. (1998). Power Electronics Design Handbook. In: N. Kularatna, *Power Electronics Design Handbook* (pp. 158 - 195). Woburn: Butterworth-Heinemann.

Ltd., W. C. (2005). *History of Batteries (and other things)*. Acesso em 23 de 10 de 2010, disponível em mpoweruk: <http://www.mpoweruk.com/history.htm>

Luz, L. M. (2010). *Pilhas e Baterias*. Acesso em 25 de Abril de 2010, disponível em Mundo vestibular: <http://www.mundovestibular.com.br/articles/1072/1/PILHAS-E-BATERIAS/Paacutegina1.html>

Manthiram, A. (2008). Materials for High-energy Density Batteries. In: S. Priya, & D. J. Inman, *Energy Harvesting Technologies* (pp. 365-383). Texas: Springer US.

Mechanics, P. (2000). *Popular Mechanics*. Acesso em 26 de maio de 2010, disponível em google books:

<http://books.google.com.br/books?id=pWWXiGgzaF8C&pg=PA125&dq=EASING+OFF+BATTERY&lr=&hl=pt-PT&cd=29#v=onepage&q&f=false>

ROBERT BOSCH GmbH. (2006). Handbook for trade and Industry. In: H. H. Schweizer, *Handbook for trade and Industry* (pp. 294-320). Leinfelden: ROBERT BOSCH GmbH.

Whitaker, J. C. (2005). *The Electronic Handbook*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.

## **ANEXOS**