

REUSO DE CÉLULAS DE BATERIAS EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO COM LEDS

Schneider, Eduardo Luis¹;
Henriques, Renato Ventura Bayan¹;
Dill, Rafaela Brittes¹;
Dresch, Rodolfo de Freitas Valle¹;
Bergmann, Gabriel Borges Vieira²

¹ Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Osvaldo Aranha, 103 – Bairro Bom fim, CEP: 90035-190 - Porto Alegre - RS – Brasil

² Curso de Design da Faculdade da Serra Gaucha

***Resumo:** A popularização de aparelhos eletrônicos portáteis, a produção cada vez mais crescente dos mesmos e a ineficácia de políticas de reciclagem têm gerado um grande desperdício de material, de recursos naturais e uma contaminação do meio ambiente. O objetivo deste trabalho é estudar e desenvolver possibilidades de reuso das células de baterias de telefones celulares descartados, avaliadas com base em um processo já descrito em trabalhos anteriores que exploraram apenas a metodologia de avaliação em si. A utilização de LEDs em projetos de produtos tem sua aplicação segura viabilizada podendo ser facilmente instalada em diversos tipos de suportes e materiais uma vez que essa fonte de iluminação produz pouco calor. Além disso, os LEDs possibilitam um controle da intensidade luminosa emitida e ocupam um espaço físico reduzido, além de apresentarem baixo consumo de energia elétrica. Essas vantagens tecnológicas motivaram a escolha dos mesmos como fontes de luz no projeto de um protótipo de um iluminador para filmadora e no de um protótipo de uma luz de emergência compacta. O reuso de células de baterias que ainda têm potencial de utilização em sistemas de iluminação com LEDs no projeto e construção destes dois protótipos exemplificam configurações adequadas em termos de autonomia para a função a que se destinam e se apresentam como uma alternativa eficiente e ambientalmente sustentável que podem ser empregadas para contribuir com a diminuição deste tipo de lixo tecnológico através da redução do seu desperdício. Este trabalho também aborda a elaboração e adequação do projeto elétrico no projeto mecânico, a seleção de materiais, células de bateria e demais componentes necessários para a construção de protótipos.*

***Palavras-chave:** projeto mecânico, células de bateria, LEDs*

1. INTRODUÇÃO

A sociedade atual vive diante de um paradoxo que deve ser resolvido em curto prazo: solucionar a questão da produção crescente de equipamentos high-tech, cada vez mais acessíveis, associada ao desperdício de recursos naturais e à contaminação do meio ambiente, causada tanto pelo processo de produção destes equipamentos quanto pelo rápido descarte dos mesmos. Seja por causa da sua rápida obsolescência ou por estarem danificados, os mesmos têm sido dispostos em aterros sanitários ou outros locais inadequados onde as formas de reaproveitamento dos mesmos são rudimentares e precárias. Associa-se a este fato a inexistência de uma política de regularização dos resíduos oriundos desses equipamentos ou, no máximo, um tímido conjunto de dispositivos legais que não atendem minimamente as reais necessidades de preservação ambiental, causando danos já devidamente constatados à própria saúde humana, inclusive nos países considerados desenvolvidos (Boks, 2000). O telefone celular está entre os equipamentos eletrônicos que conquistaram de forma mais rápida consumidores no mundo inteiro, tendo atingido 50 milhões de usuários em cinco anos. A televisão demorou treze anos para atingir um público semelhante. Hoje, existem mais de 2,5 bilhões de celulares no mundo – o equivalente a mais de 40% da população global. Em 2010, serão 4 bilhões e de acordo com o relatório anual de 2008 da Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações) em 2008, no Brasil, foram habilitados 29,7 milhões de acessos atingindo dessa forma 150,6 milhões de acessos habilitados (Ministério das Comunicações, 2009). No Brasil, segundo estimativa produzida pela consultoria Tendências, até o fim do ano de 2009 serão atingidos 170 milhões de celulares habilitados (Barboza, 2008).

De acordo com uma pesquisa feita pelo Yankee Group, oito em cada dez pessoas trocam de celular ao menos uma vez por ano e, destes, 43% trocaram quatro vezes de aparelho no mesmo período. Esses aparelhos acabam, mais cedo ou

mais tarde, saindo de uso e indo parar no lixo. Considerando-se um telefone celular com dimensão média de 10 x 5 cm (50 cm²), com a quantidade de aparelhos comercializados em 2008 no mundo, poderiam ser cobertos mais de 870 campos de futebol (7350 m²). Se a massa média for de 0,1 Kg por aparelho, essa mesma quantidade de celulares, juntos, somariam mais de 128 mil toneladas e equivaleriam a mais de 2844 caminhões de transporte de carga carregados com peso bruto de 45 toneladas cada um.

Os telefones celulares são alimentados por diversos tipos de baterias recarregáveis, e muitas dessas, podem conter substâncias tóxicas e metais pesados, tais como o cádmio e o níquel dentre outros, capazes de contaminar o meio ambiente quando incineradas ou dispostas em aterros. O impacto das baterias no lixo comum depende da quantidade gerada e da toxicidade das mesmas. A quantidade de resíduos gerada é uma função da vida útil da bateria e de seu tamanho. Já a toxicidade dos resíduos depende da composição do material da bateria (Fishbein, 2002).

De acordo com a Resolução Conama 401/2008, que é o atual documento norteador no que diz respeito à legislação ambiental que trata de pilhas e baterias usadas, apenas as pilhas do tipo NiCd, Chumbo-Ácido e Óxido de Mercúrio não devem ser descartadas no lixo comum (Conama, Resolução Nº 401, 2008.). Contudo, seria bastante razoável que todos os tipos de baterias fossem recicladas ao final da vida útil ao invés de serem enviadas para a incineração e aterros. Segundo a hierarquia de gestão de resíduos, a incineração e a disposição final deveriam ser as últimas opções a serem consideradas.

O tempo necessário para que as baterias atinjam o final do ciclo de vida depende da frequência de recarga, o que está relacionado com a capacidade da mesma, o consumo do aparelho e o modo de uso (como o usuário executa o carregamento). Considerando que 350 e 490 ciclos de carga e descarga corresponderem à vida útil para baterias de NiMH e Li-Íon, respectivamente, isso equivaleria, para as baterias NiMH, a uma vida útil superior a dois anos, no caso de três recargas semanais, e superior a seis anos se fossem recarregadas apenas uma vez por semana. Já as baterias de Li-Íon teriam um ciclo de vida médio superior a três anos, no caso de três recargas semanais, e superior a nove anos se fossem recarregadas apenas uma vez por semana (Linden, 1995). No entanto, como foi mencionado anteriormente, muitas pessoas trocam de telefone celular mais de uma vez por ano buscando um aparelho com melhor performance, com maior número de funções e com design moderno. Junto com a maioria desses aparelhos, suas baterias acabam saindo de uso antes do final do seu ciclo de vida, por não serem adequadas ao novo modelo de aparelho.

Segundo Bernardes et al., a maioria das baterias de uso doméstico, especialmente as primárias, ou seja, aquelas que não permitem recarga, são depositadas em aterros de resíduos sólidos urbanos. Para promover a reciclagem de pilhas, é necessário inicialmente o conhecimento de sua composição (Bernardes, 2004). Inúmeros estudos têm sido realizados visando o desenvolvimento de processos para reciclar as baterias usadas ou, em alguns casos, tratá-las para uma disposição segura (Dahodwalla, 2000; Souza, 2006; Zhang, 1999; Espinosa, 2004; Souza, 2005; Bertuol, 2006).

Contudo, o reuso de células de baterias que ainda possuem capacidade operacional ou ainda, bem como outras alternativas para aumentar o tempo de uso de uma bateria deveriam ser ponderadas, considerando-se o elevado valor agregado a esse tipo de dispositivo de conversão e estocagem de energia. Nesse contexto, o presente artigo propõe o reuso de células de baterias descartadas de NiMH e Li-Íon como dispositivos para armazenamento de energia e alimentação de sistemas de iluminação com LEDs. Foram reutilizadas células aprovadas em um protótipo de uma luminária e em um protótipo de uma luz de emergência compacta. Dentre as vantagens tecnológicas sobre as lâmpadas tradicionais, a grande eficiência luminosa dos LEDs, a pequena geração de calor, a possibilidade de controle da intensidade luminosa emitida e o reduzido espaço físico, motivaram a escolha dos mesmos como fontes de luz nestes protótipos (Silva, 2004; Silva, 2009; Nobre, 2006). Assim, este trabalho contribui para a redução de desperdícios de baterias com potencial de reuso, apresentando uma alternativa eficiente e ambientalmente sustentável onde as mesmas podem ser empregadas para diminuir a enorme quantidade gerada deste tipo de lixo tecnológico. Além disso, também são abordadas a elaboração e adequação do projeto elétrico no projeto mecânico, a seleção de materiais, células de bateria e demais componentes necessários para a construção de protótipos.

2. MATERIAIS E METODOS

2.1. Classificação das baterias descartadas

Para avaliar o percentual de baterias recarregáveis de pequeno porte que vem sendo descartadas antes do término de suas vidas úteis, foram utilizadas baterias descartadas e recolhidas nos postos de coletas das empresas fabricantes, durante os anos de 2006, 2007 e 2008. As baterias foram separadas por modelos e depois disso aplicou-se uma metodologia de caracterização baseada em quatro etapas: desmontagem, avaliação quanto ao aspecto visual verificação da voltagem e avaliação da retenção de carga nos ciclos (Schneider, 2009).

2.2. Novas Baterias com Células Aprovadas para Reuso

A grande variedade e disponibilidade de células com capacidade de reutilização permite a formação de baterias com diferentes voltagens e capacidades e dimensões, cada uma tendo uma performance mais vantajosa sob condições operacionais específicas. As características de cada possibilidade de bateria resultante da associação de células

disponíveis devem ser comparadas com os requerimentos do equipamento e, assim, selecionar aquela que melhor cumpre essas necessidades. É importante observar que a seleção de células para reuso pode ocorrer em dois casos:

1. O primeiro diz respeito ao reuso de células em produtos já existentes, onde tanto o compartimento como as especificações já estão definidos;
2. O segundo é o caso da utilização no desenvolvimento de novos produtos. Este último caso é preferível, pois a seleção é feita no início do desenvolvimento do equipamento ao invés do que no final, quando o “hardware” já está fixo. Isso se deve ao fato de que desse modo, o compromisso entre as propriedades da baterias e os requerimentos do equipamento pode ser obtido de forma mais efetiva.

As demais considerações que são importantes e que influenciam na seleção de células de bateria secundária para reuso incluem:

1. Sistema eletroquímico: comparando as vantagens e desvantagens das características dos mesmos com os requerimentos do equipamento;
2. Tensão: nominal ou de operação, máximo e mínimo permissíveis, regulagem, perfil da curva de descarga, tempo para início de operação, queda de tensão;
3. Tempo de serviço: quantidade de tempo requerido para a operação;
4. Requerimentos físicos: tamanho, forma, peso, terminais;
5. Condições de operação: vibração, choque, movimentos rotacionais, aceleração, etc.; condições atmosféricas (pressão, umidade, etc.), faixa de temperatura na qual a operação é requerida;

O reuso de células não é apropriado onde a operação ocorrerá em condições severas ou potencialmente perigosas, tais como: armazenamento, estado de prontidão ou operação em temperaturas extremas, ou de alta confiabilidade para aplicações especiais, tais como aplicações onde não se admite quedas de tensão.

As aplicações para baterias podem ser divididas em três categorias principais: as aplicações para aparelhos portáteis, aplicações industriais (onde geralmente são utilizadas baterias de tamanho grande) como em no-breaks (UPS) para computadores ou outros sistemas sofisticados que requerem funcionamento com confiabilidade extremamente alta, e aplicações veiculares incluindo arranque, ignição e iluminação, onde a meta é substituir os motores de combustão interna por uma fonte de alimentação ambientalmente amigável ou prover um sistema híbrido que melhore a eficiência dos motores a combustível fóssil. Dentre estas aplicações, as que mais se adequam para o reuso das células de bateria de telefones celular são as aplicações em equipamentos portáteis. A Tabela 1 lista a corrente de operação de alguns equipamentos eletrônicos portáteis e ilustra como a mesma pode variar desde microampères até mais de um ampère.

A capacidade real disponível em uma bateria nova é significativamente menor (cerca de 20 a 30 %) do que a capacidade teórica dos ativos materiais. Além disso, a capacidade real é ainda menor do que a capacidade teórica, pois inclui também o peso dos materiais de construção não produtores de energia. A Tabela 2 apresenta valores práticos de densidade de energia e de voltagem do sistema eletroquímico. Estes dados são úteis para o projeto de reuso das mesmas, pois nem todos os modelos de baterias informam o valor da capacidade de suas células.

Tabela 1 - Corrente de operação de alguns equipamentos eletrônicos portáteis.

Aparelho	Corrente consumida (mA)
Calculadoras: (LCD)	<1
Câmeras: <i>Flash</i>	200–300
Câmeras	500–1600
Telefones Celulares	200–800
Filmadoras	700–1000
Computadores: <i>Palm</i>	400–800
<i>Note book</i>	500–1500
Lanternas	100–700
Controles Remotos	10–60
Rádios: Com células cilíndricas	10–20 (volume baixo) 30–100 (alto)
<i>Walkman / Disk players</i>	150–350
Brinquedos: Motorizados (controle remoto)	600–1500
Jogos eletrônicos	20–250
<i>Video games</i>	20–200
TV (portátil)	400–700
Relógios: LCD	10–25 (luz de fundo)
LED	10–40

Células de NiMH e Li-Íon são candidatas a substituírem tanto pilhas primárias comuns e alcalinas, quanto de Pb-ácido e NiCd. Para reutilizar células com boa capacidade em equipamentos eletrônicos cujas: voltagem, capacidade e dimensões das baterias originais diferem das especificações dos modelos disponíveis, é importante fazer um estudo particular para cada caso.

Tabela 2 - Valores teóricos e práticos dos principais sistemas de baterias.

Sistema	Ânodo	Cátodo	Valores Teóricos				Valores Práticos			
			V	g/Ah	Ah/kg	Wh/kg	V	Wh/kg	Wh/L	Ah/L
Baterias Primárias										
Comum	Zn	MnO ₂	1,6	4,46	224	358	1,5	85	165	110
Alcalina	Zn	MnO ₂	1,5	4,46	224	358	1,5	145	400	267
Baterias Secundárias										
NiMH	MH	óxido de Ni	1,35	5,63	178	240	1,2	75	240	200
Li-Íon	LixC ₆	Li(i-x) CoO ₂	4,1	9,98	100	410	4,1	150	400	98
NiCd	Cd	óxido de Ni	1,35	5,52	181	244	1,2	35	100	83
Pb-Ácido	Pb	PbO ₂	2,1	8,32	120	252	2	35	701	351

Analisaram-se as diferentes possibilidades de configurações das células considerando-se que as mesmas poderiam ser dispostas: lado a lado, empilhadas ou longitudinalmente. Já quanto ao tipo de ligação as mesmas poderiam estar associadas em série ou em paralelo. Para estimar o tempo que o aparelho deverá operar, relacionou-se a capacidade das células com a potência do equipamento. Levou-se em conta que as baterias com células aprovadas para reuso apresentam uma impedância interna maior do que as baterias novas. Assim, utilizou-se a diferença entre o desempenho no final do ciclo de descarga lenta das células novas e o das aprovadas com conceito A e C, através da comparação das leituras das tensões nos pontos de corte (considerados como de 1,10 V para NiMH e 3,25 V para Li-Íon) em pontos percentuais.

2.3. Comparação com células novas

Para qualificar o desempenho das células candidatas ao reuso foram feitas medições cronopotenciométricas (variação da voltagem no tempo) em novos ciclos de carga e descarga lenta para células novas e para as células aprovadas com conceitos A e C. No ciclo de descarga lenta a variação da resistência interna no tempo também foi analisada. Foram utilizadas 9 baterias de NiMH marca Nokia modelo BMC-3, 900 mAh e 9 de Li-Íon marca Nokia modelo BL-5C, 850 mAh. Para medir a resistência interna usou-se o módulo da variação da voltagem, dividido pela corrente no mesmo instante considerado.

2.4. Projeto iluminador com LEDs

Um iluminador para filmadora foi projetado para utilizar 27 LEDs de luz branca de 7500 mCd distribuídos em 3 conjuntos de 9 cada e ligados em paralelo. Como a corrente consumida por cada um desses LEDs é da ordem de 15 mA, a corrente necessária para alimentar o conjunto é de aproximadamente 405 mA. Assim, para a seleção das células da bateria, os requisitos necessários foram: possuir uma tensão entre 3,5 e 4 V e capacidade de pelo menos 1400 mAh para uma autonomia de mais de 3 h. Como a bateria foi instalada na parte externa do equipamento, neste caso, não houve restrição dimensional.

Para manter constantes a voltagem e corrente de funcionamento, já que uma pequena variação de tensão nas pilhas possibilita a produção de uma grande variação na corrente dos LEDs, e conseqüente grande perda de luminosidade, utilizou-se um circuito regulador de corrente, que fornece a voltagem necessária, mantendo constante a corrente de alimentação. A Figura 1 mostra o projeto mecânico do iluminador. Primeiramente o circuito foi montado e testado em uma *protoboard*, e posteriormente, foi feita a montagem definitiva do circuito utilizando uma placa de cobre furada.

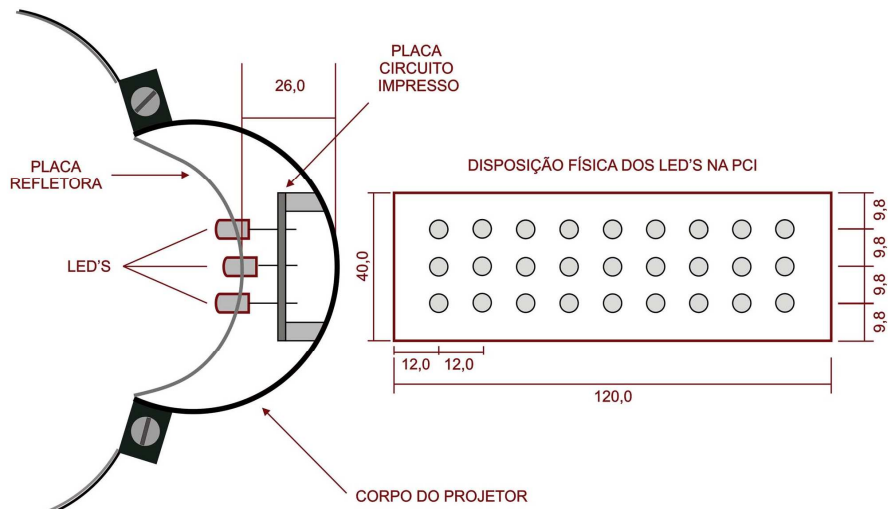


Figura 1 - Projeto mecânico do iluminador com LEDs.

2.5. Protótipo de luz de emergência compacta

Foi projetada uma luz de emergência compacta para ser ligada na rede elétrica em 110 / 220 V e acender um conjunto de dez LEDs automaticamente quando faltar energia elétrica. A bateria foi projetada de modo a utilizar 4 células de NiMH avaliadas e aprovadas para reuso de 1000 mAh modelo Nokia BMS-3. Para baixar o custo, reduzir o peso e o tamanho, foi utilizado um divisor de tensão resistivo de baixa potência capaz de recarregar a bateria em 24 h.

No projeto do protótipo foram incluídos ainda: uma chave de liga / desliga para permitir seu transporte e/ou armazenamento por períodos prolongados, e um pulsador de teste que permite visualizar o estado dos LEDs e da bateria.

3. RESULTADOS

3.1. Comparação com células novas

Os resultados obtidos a partir das medições cronopotenciométricas (Figura 2) nas quais são comparados o desempenho das células de NiMH novas com o desempenho das células aprovadas, mostraram que as células novas levaram cerca de 3h15min para atingirem 1,15 V, enquanto que as aprovadas com conceitos A e C levaram cerca de 2h40min e de 2h05min respectivamente o que mostra que há uma menor perda de capacidade quanto melhor o conceito obtido.

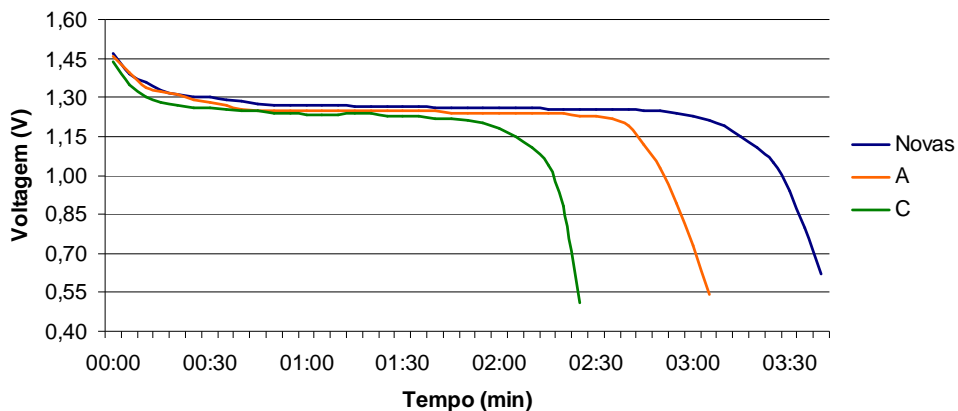


Figura 2 - Ciclos de carga e descarga lenta para células de NiMH novas e aprovadas com conceitos A e C.

Conforme se pode ver na Figura 3, novamente, assim como nas de NiMH, nas de Li-Íon também se observa uma diferença de comportamento mais pronunciada entre as células na região de estado de carga médio a baixo. Porém, as células aprovadas com conceito C apresentaram uma tensão cerca de 3 décimos menor do que as novas durante todo

o ciclo de descarga. As células novas levaram cerca de 3h05min para atingirem 3,5 V, enquanto que as aprovadas com conceitos A e C levaram cerca de 2h25min e de 1h30min respectivamente.

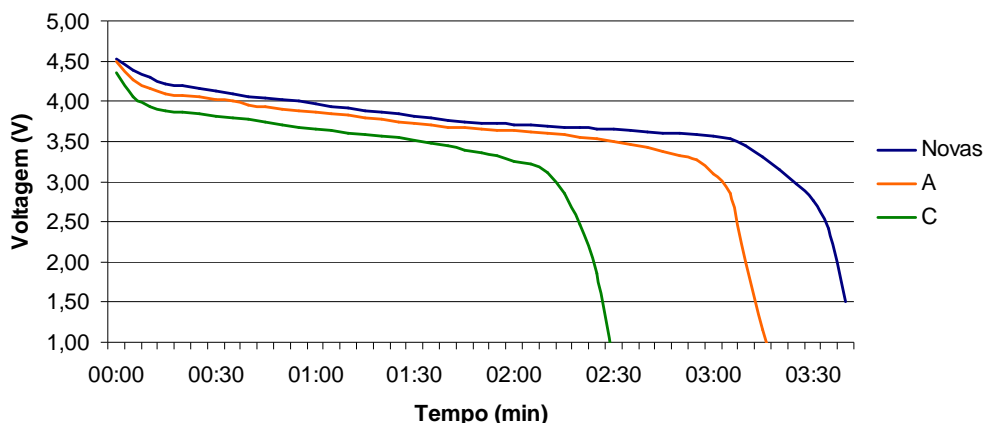


Figura 3 - Ciclos de carga e descarga lenta para células de Li-Íon novas e aprovadas com conceitos A e C.

Para estimar a perda de capacidade devido à ciclagem das células aprovadas para reuso em relação à capacidade das novas, foram comparadas as diferenças de tempo na descarga lenta até a voltagem do ponto de corte (considerado como 1,10 V e 3,25 V para os sistemas de NiMH e de Li-Íon respectivamente). Conforme os resultados listados na Tabela 3, células de NiMH e de Li-Íon aprovadas com conceito A apresentaram em média 82,5 e 89,7 % da capacidade de suas respectivas células novas. Ou seja, das células descartadas testadas no presente trabalho, aproximadamente 24 % das células de NiMH e aproximadamente a 23 % células de Li-Íon (aprovadas com conceito A) apresentavam mais de 80% da capacidade de uma célula idêntica e nova.

Tabela 3 - Perda de capacidade das células aprovadas em relação à capacidade de células novas.

	Voltagem de corte	Tempo (min.)			Perda de Capacidade (%)		Capacidade disponível (%)	
		Nova	A	C	A	C	A	C
NiMH	1,10	200	165	130	17,5	35	82,5	65
Li-Íon	3,25	195	175	120	10,3	38,5	89,7	61,5

3.2. Projeto iluminador com LEDs

A Figura 4 mostra o iluminador com LEDs e sua bateria formada por duas aprovadas para reuso de Li-Íon marca Siemens modelo V30145-K1310-X250. Como as células utilizadas foram aprovadas com conceito A e as mesmas foram associadas em paralelo, a capacidade da bateria resultante ficou em aproximadamente 1250 mAh, garantindo uma autonomia capaz de alimentar o iluminador por um tempo ligeiramente superior a três horas.



Figura 4 - Iluminador com LEDs e sua bateria composta por duas células de Li-Íon.

3.3. Protótipo de luz de emergência compacta

A Figura 5 mostra o protótipo de luz de emergência desligado em A, ligado em B, e sua bateria projetada de modo a reutilizar 4 células de NiMH marca Nokia modelo BMS-3 avaliadas e aprovadas para reuso em C. A capacidade da bateria resultante ficou em aproximadamente 820 mAh, garantindo uma autonomia que permite alimentar a luz de emergência por um tempo superior a 15 horas.

Considerando-se que cada celular comercializado vem com uma bateria, pode-se fazer um paralelo com a quantidade de telefones celulares comercializada mundialmente em 2008 (1,222 bilhões de unidades), e a quantidade de células de baterias com capacidade de utilização que estão sendo descartadas (assumindo que o tempo médio de troca de aparelhos pelas pessoas é de cerca de um ano e que a metade dos mesmos entram em inatividade). Isso representa um desperdício de mais de 650 mil de baterias, que ainda teriam potencial de utilização, por dia ou quase 250 milhões por ano. Os projetos descritos neste trabalho exemplificam como muitas das células desta enorme quantidade de baterias poderiam ser reaproveitadas ao invés de serem diretamente descartadas.

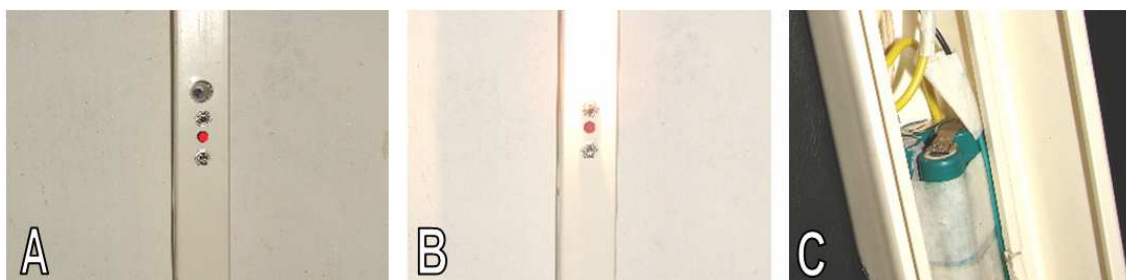


Figura 5 - Protótipo de luz de emergência: desligado em A, ligada em B, e aberto mostrando suas 4 células de NiMH em C.

4. CONCLUSÕES

O presente artigo propõe o reuso de células de baterias descartadas de NiMH e Li-Íon em sistemas de iluminação com LEDs. Foram reutilizadas células aprovadas no projeto de um protótipo de uma luminária, no de um protótipo de uma luz de emergência compacta e os LEDs foram escolhidos como fontes de luz devido as suas vantagens tecnológicas sobre as lâmpadas tradicionais. Os protótipos do iluminador com LEDs e o da luz de emergência foram projetados para funcionarem por 3 e 15 h respectivamente. Contudo, outras configurações poderiam ter sido projetadas para obter-se uma maior autonomia. Essas possibilidades apresentadas de reutilização de componentes como as células de baterias de telefone celular compreendem uma alternativa eficiente e ambientalmente sustentável, pois contribuem com a engenharia e com o meio ambiente na busca da diminuição deste tipo de lixo tecnológico.

5. REFERÊNCIAS

- Barboza, M. Relatório Tendências Setoriais - Telecom e TI, consultoria Tendências, 2008.
- Bernardes, A.M., Espinosa, D.C.R., Ténorio, J.A.S., Collection and recycling of portable batteries: a worldwide overview compared to the Brazilian situation; *Journal of Power Sources*, 124, 586-592, 2003.
- Bertuol, D.A., Bernardes, A.M., Tenório, J.A.S., Spent NiMH batteries: Characterization and metal recovery through mechanical processing. *Journal of Power Sources* 160 1465-1470, 2006.
- Boks, C., Huisman J., Stevels A. Combining economical and environmental considerations in cellular phone design. In: *Proceedings of the 2000 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2000.
- Conama - Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução Nº 401, de 04 de novembro de 2008.
- Dahodwalla, H., Heart, S., Cleaner production options for lead-acid battery manufacturing industry, *Journal of Cleaner Production* 8, 133-142, 2000.
- Espinosa, D.C.R, Bernardes, A.M., Ténorio J.A.S, Brazilian policy on battery disposal and its practical effects on battery recycling. *Journal of Power Sources* 137 134-139, 2004.
- Fishbein, B. *Waste in the Wireless World: The Challenge of Cell Phones*. New York: INFORM, Inc., 2002.
- Katsutoshi, I., Recovery of metal values from spent nickel-metal hydride rechargeable batteries, *Journal of Power Sources*, 77, 116-122, 1999.
- Linden, D., Reddy, T.B. *Handbook of Batteries 3rd Edition* - McGraw-Hill, 1995.

- Bernardes, A.M., Espinosa, D.C.R., Tenório, J.A.S. Recycling of batteries: a review of current processes and technologies. *Journal of Power Sources*, vol.130, p. 291-298, 2004.
- Ministério das Comunicações <http://www.mc.gov.br/noticias/2008/cresce-venda-de-celulares-e-brasil-chega-a>
Acessado em 15 de julho de 2009.
- Nobre, Ana Luiza. Franco & Fortes – *Ligthing Design*, Ed. C4 – BKS, São Paulo, 2006.
- Schneider, E.L., Kindlein, W.J., Souza, S., Malfatti, C.F. Assessment and reuse of secondary batteries cells. *Journal of Power Sources*. v.189, p.1264 - 1269, 2009.
- Silva M.L. Luz , *Lâmpadas e Iluminação* Editora Ciência Moderna, 2004.
- Silva M.L. *Iluminação – Simplificando o Projeto* Editora Ciência Moderna, 2009.
- Souza, E.C., Castro, J.F.R., Ticianelli, E.A., A new electrode material for nickel–metal hydride batteries: MgNiPt alloy prepared by ball-milling, *Journal of Power Sources* 160, 1425–1430, 2006.
- Souza, R. M. P., Leão, V. A., Pina, P. S. Remoção de metais pesados em resíduos sólidos: o caso das baterias de celular. *Rem: Rev. Esc. Minas*, 58, 375-379, 2005.
- Zhang, P., Yokoyama, T., Itabashi, O., Wakui, Y., Suzuki, T.M.. Recovery of metal values from spent nickel-metal hydride rechargeable batteries, *Journal of Power Sources*,77 (1999) 116-122.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

BATTERIES CELLS REUSE IN ILLUMINATION SYSTEMS WITH LEDS

Schneider, Eduardo Luis¹;
Henriques, Renato Ventura Bayan¹;
Dill, Rafaela Brittes¹;
Dresch, Rodolfo de Freitas Valle¹;
Bergmann, Gabriel Borges Vieira²

¹ Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Osvaldo Aranha, 103 – Bairro Bom fim, CEP: 90035-190 - Porto Alegre - RS – Brasil

² Curso de Design da Faculdade da Serra Gaúcha

Abstract: *The popularization of portable electronic devices and their increasingly growing production are generating a great waste of material, of natural resources and environmental contamination. The objective of this study is to develop possibilities of cell phone batteries reuse evaluated using a procedure already described in previous studies that have explored only the methodology of the review itself. The use of LEDs in product design has made possible the safe application and can be easily installed in various types of supports and materials as the light source produces little heat. Furthermore, LEDs enable light intensity emitted control and occupy a small space, and present low electric energy consumption. These technological advantages motivated the choice of them as light sources in the design of an illuminator prototype for camcorder and of a compact emergency light prototype. In both cases cell phone batteries were reused. This paper addresses the development and adequacy of the electrical design in mechanical design, selection of materials, battery cells and other components needed to build the prototypes.*

key-words: *mechanical design, battery cells, LEDS*