

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

COLETA DE DADOS EXPERIMENTAIS DO TEMPO DE VIDA DE BATERIAS DE LÍTIO-ÍON POLÍMERO ATRAVÉS DE UMA PLATAFORMA DE TESTES E MODELAGEM DOS DADOS UTILIZANDO A TEORIA DE IDENTIFICAÇÃO DE SISTEMAS¹

Eduardo Cardoso Toniazzo², Joelson Lopes Da Paixão³, Alisson Beerbaum⁴, Airam T. Z. R. Sausen⁵, Paulo Sausen⁶, Andressa T. Diefenthaler⁷.

¹ Projeto realizado junto ao Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC) da UNIJUÍ.

² Aluno do Curso de Engenharia Elétrica, Bolsista PIBIC/CNPq; E-mail: eduardotoniazzo29@gmail.com.

³ Aluno do curso de Engenharia Elétrica, bolsista PIBIC/CNPq; E-mail: joelson.paixao@hotmail.com.

⁴ Aluno do curso de Matemática, bolsista PIBIC/Unijuí; E-mail: a.v.beerbaum@gmail.com

⁵ Professora Doutora do Departamento das Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUÍ; Orientadora, E-mail: airamsausen@gmail.com.

⁶ Professor Doutor do Departamento das Ciências Exatas e Engenharias da UNIJUÍ; E-mail: paulosausen@gmail.com.

⁷ Aluna do curso de Matemática. Bolsista PROBIC-FAPERGS; E-mail: andressa_td@hotmail.com.

Introdução

Devido as novas tecnologias e o fácil acesso a redes sem fio, o uso de dispositivos móveis tem aumentado gradativamente na atualidade. Estes aparelhos podem ser utilizados em diferentes áreas, para inúmeras tarefas e funções, são exemplos de dispositivos móveis: câmeras digitais, alarmes, sensores, telefones celulares, notebooks, smartphones, tablets, entre outros.

A mobilidade ao usuário é uma das importantes características dos dispositivos móveis, pois não exige necessidade de conexão em uma rede elétrica externa. Por este motivo, grande parte destes aparelhos são dependentes de uma bateria, a qual é responsável por fornecer energia ao sistema. Portanto, o uso destes dispositivos está relacionado e condicionado ao tempo de vida da bateria, isso é, o tempo em que a bateria consegue fornecer energia até alcançar um ponto de corte na tensão denominado nível de cutoff, este é o ponto onde as reações eletroquímicas internas cessam e não fornecem mais energia ao sistema. Conhecer o tempo pelo qual a bateria consegue manter o dispositivo em funcionamento, ou seja, seu tempo de vida, tem sido de fundamental importância no desenvolvimento de dispositivos móveis [2].

Contextualizando esse processo, é de vital importância prever então o tempo de vida da bateria, onde uma das formas consiste em utilizar modelos matemáticos, que representam e simulam com boa precisão o seu fenômeno de descarga. Alguns modelos responsáveis pela predição do tempo de vida de baterias presentes na literatura são: os modelos elétricos [3], os modelos eletroquímicos [2], os modelos analíticos [2], os modelos estocásticos [2], os modelos híbridos[2] e os modelos via teoria de Identificação de Sistemas[1].

Neste trabalho são aplicados dois modelos para a predição do tempo de vida de baterias de Lítio Íon Polímero, o modelo Erro de Saída (ES), e o modelo Box-Jenkins (BJ) [4], ambos provenientes da teoria de Identificação de Sistemas [1]. Estes modelos são de fácil implementação por parte do usuário, apresentam boa acurácia e fácil visualização gráfica. O processo da modelagem matemática é feito computacionalmente no toolbox Ident, presente na ferramenta computacional Matlab.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

Metodologia

Inicialmente após uma revisão bibliográfica anterior sobre os principais modelos matemáticos encontrados na literatura técnica para a modelagem matemática do tempo de vida de baterias. Constatou-se que através da teoria de Identificação de Sistemas é possível realizar a modelagem matemática de sistemas reais a partir de dados coletados de uma plataforma de testes, que realiza o descarregamento controlado de uma bateria.

Logo, em um segundo momento, são coletados os dados de descargas de baterias de Lítio Íon Polímero, que são a principal tecnologia utilizada na atualidade em dispositivos moveis. Estas baterias possuem uma capacidade de 800 mAh e uma tensão nominal de 3,7 V. Para a realização desse experimento foram alocadas baterias novas visando descartar qualquer desgaste acarretado pelo uso das baterias antigas. Desse modo as mesmas foram carregadas em duas fontes CC (Corrente Contínua) com 20% da sua capacidade nominal, ou seja, 160 mA. O carregamento é concluído quando a tensão na bateria alcança 4,2 V, e a corrente drenada da fonte alcança 0 A. Concluído este processo as baterias podem ser retiradas e alocadas na plataforma para que seja realizada a descarga.

Através da plataforma de testes, é realizada a descarga de 4 baterias simultaneamente. De modo geral, a plataforma é composta por um hardware e um software, os quais ficam responsáveis pelo armazenamento dos dados. Quando as 4 baterias são conectadas na plataforma, o software é configurado para o tipo de descarga desejada. Ressaltando que neste trabalho as descargas foram todas constantes e, portanto configuradas para tal modo de operação. Os parâmetros aplicados para as descargas das baterias são os seguintes: (a) tipo de bateria: Lítio Íon Polímero; (b) tensão nominal: 3,7 V; (c) capacidade nominal da bateria: 800 mAh (d) correntes de descarga usadas: [50; 75; 100; 125; ... 725; 750; 775; 800] mA; (e) tensão cutoff: 2,7 V essa que é definida pelo fabricante como o menor valor de tensão onde a bateria ainda fornece energia ao sistema externo; (f) Duração: é o tempo que a bateria demora para descarregar até atingir o ponto de cutoff, ou seja, os 2,7 V. Durante a realização das descargas, a temperatura do ambiente se manteve na média dos 21 °C.

Após aplicação dessa metodologia e coleta de um amplo conjunto de dados do tempo de vida das baterias, é realizado a modelagem matemática utilizando os modelos ES (Erro de Saída) e BJ (Box-Jenkins) provenientes das estruturas matemáticas da Teoria de Identificação de Sistemas. Em uma última parte, os modelos são validados e comparados, resultando na precisão de ambos.

Resultados e Discussões

No processo de descarga das baterias, foram realizadas 8 descargas para cada perfil de corrente constante (I) considerado, todos em mAh. Os tempos de descarga das baterias (Td) foram alocados em uma tabela no Windows Excel, todos em minutos, acompanhados de média aritmética para analisar o comportamento das respectivas descargas. Na Tabela 1, são apresentados os dados obtidos.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

I (mA)	Td1	Td2	Td3	Td4	Td5	Td6	Td7	Td8	Média
50	964,07	980,42	860,43	922,15	920,43	993,96	931,38	950,08	940,37
75	593,06	607,28	626,98	599,75	586,90	652,15	582,58	606,78	606,94
100	464,71	474,42	460,45	466,30	470,75	459,03	445,53	486,62	465,98
125	388,48	392,93	375,03	367,40	380,90	393,65	381,55	398,17	384,76
150	283,02	311,72	302,97	307,58	345,03	297,62	279,48	305,38	304,10
175	280,85	274,50	271,33	285,07	297,07	253,50	246,43	269,10	272,23
200	232,20	219,18	213,95	236,18	218,83	235,70	239,72	228,12	227,99
225	206,45	191,38	188,35	207,45	199,83	211,80	214,07	208,58	203,49
250	191,23	173,47	167,72	188,93	182,78	190,15	193,12	184,65	184,01
275	170,48	159,63	145,22	168,08	165,87	171,35	175,63	165,10	165,17
300	156,15	148,23	142,28	156,65	157,58	140,68	138,83	155,37	149,47
325	141,57	145,68	149,53	143,47	148,45	129,85	126,40	145,33	141,29
350	126,53	137,71	139,57	131,23	133,43	123,65	118,67	132,97	130,47
375	118,63	128,93	130,68	123,57	127,72	111,52	118,87	124,96	123,11
400	115,55	117,75	121,52	115,78	118,80	107,90	101,90	117,50	114,59
425	111,00	113,72	94,47	110,13	105,30	109,03	114,40	109,01	108,38
450	102,45	105,05	109,60	103,15	106,82	89,80	87,28	103,15	100,91
475	97,28	98,67	91,68	97,54	101,72	86,11	82,90	98,18	94,26
500	91,98	93,93	97,11	92,68	96,70	83,13	78,65	90,45	90,58
525	88,57	91,30	93,15	85,28	92,63	78,67	74,11	85,85	86,20
550	83,77	85,06	88,77	82,48	87,46	72,67	68,90	84,42	81,69
575	80,42	83,11	82,88	80,00	83,13	68,13	65,85	79,23	77,84

600	77,10	77,98	81,31	76,15	80,57	65,50	62,68	76,25	74,69
625	73,60	74,38	77,58	72,40	77,30	62,42	59,83	73,12	71,33
650	71,05	71,67	74,67	70,03	74,13	59,42	55,90	70,38	68,41
675	68,35	69,00	71,68	67,78	71,63	57,18	53,42	68,73	65,97
700	65,90	66,37	69,48	64,73	69,76	54,73	51,85	65,28	63,51
725	63,53	63,77	66,68	62,27	66,42	51,62	48,27	62,98	60,69
750	64,12	50,20	47,06	60,87	61,32	61,72	64,42	59,72	58,68
775	62,35	47,96	44,04	58,87	59,73	59,80	62,08	58,23	56,63
800	60,10	46,32	42,50	56,92	57,30	57,78	60,07	56,13	54,64

Tabela 1- Perfis de corrente de descarga e medias dos tempos de vida.

Com o amplo conjunto de dados coletados, é realizada a modelagem matemática do tempo de vida das baterias utilizando da teoria de Identificação de Sistemas, que obedece a seguinte equação geral definida por:

$$A(q)y(k) = \frac{B(q)}{F(q)}u(k) + \frac{C(q)}{D(q)}v(k)$$

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

onde: $A(q)$, $B(q)$, $C(q)$, $D(q)$ e $F(q)$ são os polinômios :

$$A(q) = 1 - a_1 q^{-1} - \dots - a_{n_y} q^{-n_y};$$

$$B(q) = b_1 q^{-1} + \dots + b_{n_u} q^{-n_u};$$

$$C(q) = 1 + c_1 q^{-1} + \dots + c_{n_c} q^{-n_c};$$

$$D(q) = 1 + d_1 q^{-1} + \dots + d_{n_d} q^{-n_d};$$

$$F(q) = 1 + f_1 q^{-1} + \dots + f_{n_f} q^{-n_f};$$

onde: q^{-n} é o operador de atraso, de forma que $y(k)q^{-1} = y(k-1)$; $a_1 \dots a_{n_y}$, $b_1 \dots b_{n_u}$, $c_1 \dots c_{n_c}$, $d_1 \dots d_{n_d}$ e $f_1 \dots f_{n_f}$ são parâmetros que precisam ser estimados; e n_y , n_u , n_c , n_d , n_f são as ordens dos polinômios[1].

Na sequência utilizou-se os dados da Tabela 1, dividindo-os em dois grupos: os perfis de descarga para estimação dos parâmetros dos modelos ES e BJ são [75; 125; 175; 225; ... 625; 675; 725; 775], e os perfis de descarga para validação dos dois modelos são [50; 100; 150; 200; ... 650; 700; 750; 800]. O conjunto total dos dados foi aplicado no toolbox Ident, presente no Matlab, assim realizando a modelagem matemática, validação e comparação entre os modelos e os dados experimentais. Neste trabalho foram investigados modelos com diferentes ordens, concluindo que a melhor ordem para o modelo ES foi (3,2,1), com um erro percentual de 0,65%, e para o modelo BJ a ordem (2,1,2,1,1), com um erro percentual de 0,77%.

O modelo ES é obtido da equação geral fazendo $A(q)=C(q)=D(q)=1$, a equação do modelo para ordem (3,2,1) fica definida por:

$$y[k] = \frac{-0,03603 q^{-1} + 0,002461 q^{-2} + 0,04095 q^{-3}}{1 - 1,358 q^{-1} + 0,404 q^{-2}} u[k] + v[k].$$

O modelo BJ é obtido da equação geral fazendo $A(q)=1$, a equação do modelo para ordem (2,1,2,1,1) é definida por:

$$y[k] = \frac{1,611 q^{-1} - 1,675 q^{-2}}{1 - 0,2768 q^{-1}} u[k] + \frac{1 - 0,193 q^{-1}}{1 - 0,9643 q^{-1} + 0,1747 q^{-2}} v[k].$$

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

A Figura 1 representa a curva dos dois modelos ES e BJ, com o respectivo grau de precisão de ambos.

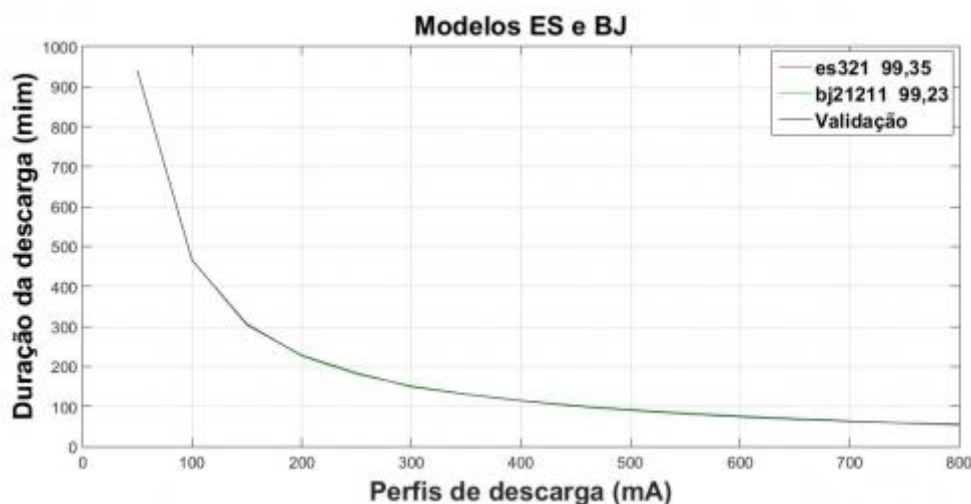


Figura 1- Modelos ES e BJ.

Conclusão

No presente momento a pesquisa teve o foco voltado para o estudo que cerca o processo e comportamento de baterias que alimentam dispositivos móveis, abordando seu tempo de vida e as características físicas. Especificamente, o estudo do tempo de vida da bateria foi baseado nos experimentos realizados com uma bateria de Lítio-Íon Polímero, com capacidade de 800 mAh. Desse modo constatou-se que a relação entre corrente de descarga com o tempo de vida das baterias, em um sistema de descarga contínuo, é inversamente proporcional, sendo que quanto maior o valor da corrente de descarga da bateria, menor é seu tempo de vida. Contextualizando isso, os experimentos que se seguiram tiveram para a maior corrente de descarga no valor de 800mA um tempo de vida médio de 54,64 minutos. Concluiu-se também que os modelos ES e BJ provenientes da teoria de Identificação de Sistemas tem grande acurácia para descrever a curva de descarga de uma bateria de Lítio-Íon Polímero, e precisão para predizer o tempo de vida da bateria. O modelo ES (3,2,1) apresentou o menor erro percentual (0,65%) entre a curva estimada e a curva da validação, o que comprova a acurácia e confiabilidade no modelo para descrever a descarga.

Palavras Chave: Lítio Íon Polímero, Erro de Saída, Box-Jenkins, Teoria de Identificação de Sistemas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ pelo fomento à pesquisa, e à UNIJUÍ pela assistência laboratorial concedida ao desenvolvimento deste trabalho.

Referências Bibliográficas

[1] L. A. Aguirre, Introdução à Identificação de Sistemas: Técnicas Lineares e Não-Lineares Aplicadas a Sistemas Reais, UFMG, 3ª Ed., (2007).

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXIV Seminário de Iniciação Científica

- [2] Machado, Marlon V., "Modelagem do Tempo de Vida de Baterias utilizando modelos Autorregressivos". Dissertação de Mestrado. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, Abril 2014.
- [3] Porciuncula, Cleber M. D., "Aplicação de modelos elétricos de bateria na predição do tempo de vida de dispositivos móveis". Dissertação de Mestrado. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, 2012.
- [4] MORETTIN, Pedro A.; TOLOI, Clélia. Análise de séries temporais. Blucher, 2006.