

## ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DE MODELOS DE DESCARGA DE BATERIA PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS

Leonardo Minelli – leonardo.minelli@unijui.edu.br <sup>1</sup>

Heriberto Brill Nonemacher – heriberto.nonemacher@unijui.edu.br <sup>2</sup>

Paulo Sérgio Sausen – sausen@unijui.edu.br <sup>3</sup>

### RESUMO

O uso de aparelhos móveis tem crescido significativamente na medida em que esses dispositivos se tornam mais populares com o passar dos tempos, e isso tem criado um grande problema no que se refere à predição do tempo de vida das baterias que alimentam esses dispositivos. Esse documento apresenta uma revisão dos modelos matemáticos mais utilizados na predição do tempo de vida das baterias que alimentam os dispositivos móveis, dando maior ênfase aos modelos elétricos. Posteriormente, é apresentada uma pequena descrição do software MATLAB/Simulink, ferramenta utilizada para implementação dos modelos estudados, e suas extensões utilizadas neste projeto. Após, são apresentados os resultados para discussão, que são compostos pelo estudo de caso da utilização da ferramenta Simulink aplicada ao problema de simulação da predição do tempo de vida de uma bateria de um aparelho celular, juntamente com os resultados dos testes experimentais desse dispositivo. Ao final do documento, são apontadas as conclusões deste estudo, onde são descritos os resultados das atividades desenvolvidas no transcorrer do projeto de pesquisa.

Palavras-chave: Modelos; Descarregamento; Baterias; Predição; Simulação;

### INTRODUÇÃO

A computação encontra-se diante de uma importante revolução. Um exemplo disso é a miniaturização de componentes eletrônicos como memórias e processadores, permitindo assim a construção de dispositivos pequenos e portáteis, como os atuais telefones celulares, *PDA*s, *Tablet PCs* e *Internet Tablets*. Outro ponto interessante nesse escopo foi o aumento do poder de computação desses dispositivos. Essa característica possibilita a execução de aplicações cada vez mais complexas, como por exemplo, jogos eletrônicos, tanto em 2D quanto em 3D, aplicações de multimídia, dentre outras.

Diante de todos esses avanços, é notável a popularidade alcançada pelos dispositivos móveis, sendo que para isso, basta dar uma boa olhada ao redor para perceber que grande parte das pessoas carrega consigo um telefone celular. Traduzindo essa informação em números, só as redes de telefonia móvel baseadas na tecnologia *GSM* contabilizam 1,67 bilhões de clientes em todo o mundo, espalhados por 213 países [1]. O uso de dispositivos móveis como *smartphones* e *PDA*s também têm acompanhado esse crescimento.

---

<sup>1</sup> Bolsista PIBIC/CNPq, aluno do curso de Informática: Sistemas de Informação, UNIJUÍ

<sup>2</sup> Bolsista PIBIC/UNIJUÍ, aluno do curso de Engenharia Elétrica, UNIJUÍ

<sup>3</sup> Professor orientador, doutor em Engenharia Elétrica, UNIJUÍ

Percebe-se diante disto que existe, de fato, uma migração da computação tradicional, baseada em computadores pessoais e *desktops*, para uma era de pervasividade, da qual diversos dispositivos eletrônicos estarão espalhados ao nosso redor de maneira transparente e integrados ao nosso modo de vida. A crescente popularidade dos dispositivos móveis capazes de se conectar à *Internet* através de redes sem fio (e.g., *Internet Tablets*) tem criado um grande problema. Como a grande maioria é alimentada por baterias, o tempo de uso destes dispositivos está limitado ao tempo de vida da bateria que os alimenta, ou seja, quando a capacidade da bateria atingir níveis críticos o dispositivo não funcionará.

Neste contexto, a avaliação destes sistemas computacionais pode ser realizada a partir de três técnicas tradicionais: métodos analíticos, experimentos físicos e simulações [2]. A construção de redes com vários dispositivos móveis para realização de experimentos torna-se inviável, economicamente, em virtude do alto custo destes dispositivos.

Posto tudo isso, o presente projeto de pesquisa objetivou estudar, modelar e implementar diferentes modelos de descarga de bateria a partir da ferramenta matemática MATLAB como forma de minimizar o custo necessário para avaliar esses sistemas computacionais. Esse custo pode ser expresso tanto em valores monetários ou em tempo de simulação. Essa tarefa foi realizada a partir de uma revisão bibliográfica dos principais modelos de bateria, verificando qual modelo é mais indicado para simular e prever o comportamento da bateria que alimenta os mais variados tipos de dispositivos móveis.

## **1. MODELOS PARA PREDIÇÃO DO TEMPO DE VIDA DAS BATERIAS**

Como base para a pesquisa de um modelo de descarga de bateria, diversos tipos de modelos de descarga de baterias foram estudados, utilizados e, posteriormente, avaliados. Esse método de pesquisa consistiu de agrupar os diversos modelos de baterias disponíveis, analisando seus pontos positivos, juntamente com os resultados que os mesmos apresentam nas simulações do estado de carga da bateria.

### **1.1. Modelos de Baterias**

Os modelos de bateria capturam as características reais de operação e podem ser utilizados para prever o comportamento de uma bateria real sob várias condições de carga e descarga. Estes modelos são úteis para o projeto de sistemas alimentados por baterias, porque permitem a análise do comportamento de descarga da bateria sob diferentes situações e perfis de descarga, sendo o perfil a maneira que a bateria é utilizada (possuindo, ou não, períodos de relaxação), e o nível de descarga dessa utilização.

Dentre os diversos modelos disponíveis, existem os eletroquímicos que enfatizam os processos químicos decorrentes na bateria em seu período de uso, sendo esse o mais complexo modelo a se utilizar para prever o tempo de vida da mesma. Tal complexidade é justificada por esse ser o modelo mais confiável em relação aos demais no cálculo do objetivo do estudo de previsão de carga, e do tempo restante de utilização que a bateria possa ter. Para efetuar a modelagem eletroquímica de uma bateria, pode ser utilizado o simulador Dualfoil, um programa disponível na internet de maneira gratuita que é capaz de computar o tempo de vida de uma bateria a partir de aproximadamente 50 parâmetros relacionados à mesma [4].

No cenário dos modelos analíticos, existe a Lei de Peukert, que consiste na previsão do tempo de vida de baterias baseado somente no comportamento não linear de descarga da mesma, sem levar em consideração a recuperação da capacidade da bateria em um período de relaxamento em que a tensão da bateria é reduzida, ou anulada. Além desse, o modelo analítico de Rhakmatov e Vrudula é uma extensão da Lei de Peukert, onde essa modelagem considera o processo de relaxação (i.e. processo de difusão) do material que compõe a bateria no período em que é efetuada uma descarga com valores reduzidos em relação à atual [5].

Existem os modelos estocásticos, divididos entre os modelos de Chiasserini e Rao, e cinéticos, que consistem em calcular o tempo de vida de uma bateria de uma maneira muito abstrata da qual desconsidera a utilização de vários parâmetros. Porém, esse modelo descreve o processo de difusão e a descarga efetuada na bateria como processos estocásticos, podendo esses atributos assumir valores totalmente aleatórios [6].

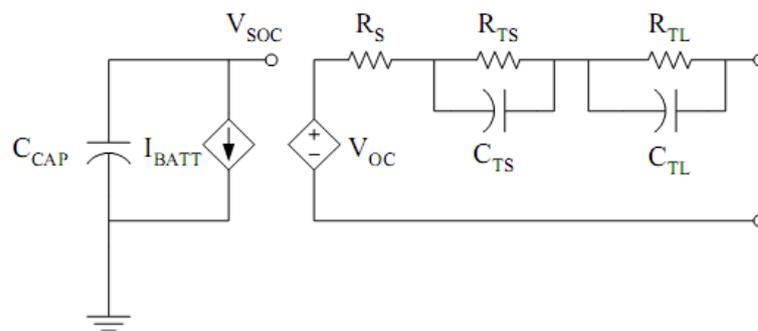
Além dos modelos anteriormente citados, são existentes os modelos elétricos, que visam calcular o tempo de vida das baterias a partir de um circuito elétrico de descarga, trabalhados nessa pesquisa com maior ênfase. Esses modelos possuem uma caracterização rigorosa dos componentes como, por exemplo, tensão de circuito aberto, auto carga, dependências como temperatura, número de ciclos, corrente, entre outras [7]. O estudo centralizado nesse modelo é justificado pela caracterização e parametrização precisas dos atributos de uma bateria, além de sua aplicação ser efetuada na ferramenta MATLAB, sendo esse um ambiente de trabalho favorável para a pesquisa nos modelos elétricos.

### **1.1.1. Modelos Elétricos**

Neste projeto, os modelos elétricos possuem maior foco de atenção em virtude de serem tecnicamente mais fáceis de modelar a partir das ferramentas utilizadas para o trabalho. A justificativa disso é dada pela simples parametrização dos atributos da bateria em meio a

um modelo elétrico, tal como especificação de voltagem (Volts), taxa de capacidade (Ampère hora), corrente de descarga (Ampère), entre outros [8].

Dentre os modelos elétricos pesquisados, em [9] possuímos o Modelo Elétrico de Knauff. Esse modelo consiste da utilização de uma bateria de íon lítio como opção para a propulsão de um veículo não tripulado, apresentando as suas características de descarga, juntamente com um modelo que se aproxime o máximo possível da realidade. No estudo, é apresentado um exemplo de circuito elétrico de uma bateria, onde posteriormente é elaborado um modelo de descarga dessa bateria no ambiente MATLAB/Simulink.

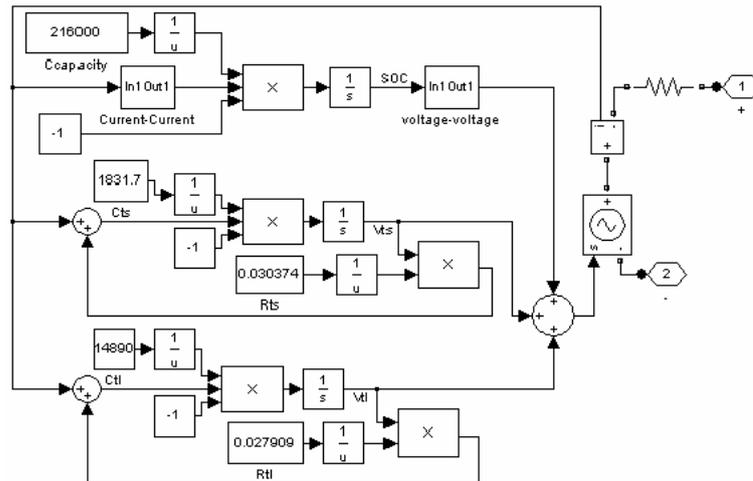


**Figura 1: Exemplo de circuito elétrico de uma bateria de íon lítio [9]**

Esse circuito é constituído pelos seguintes componentes:

- $C_{CAP}$  é a capacidade total da bateria;
- $I_{BATT}$  é a corrente que a bateria transmite;
- $V_{SOC}$  é o estado de carga da bateria;
- $R_S$  representa uma resistência em série;
- $V_{OC}$  como sendo a tensão em um circuito aberto;
- $R_{TS}$  e  $C_{TS}$  como sendo respectivamente a resistência e a capacidade em uma curta constante de tempo;
- $R_{TL}$  e  $C_{TS}$  como sendo respectivamente a resistência e a capacidade em uma grande constante de tempo;

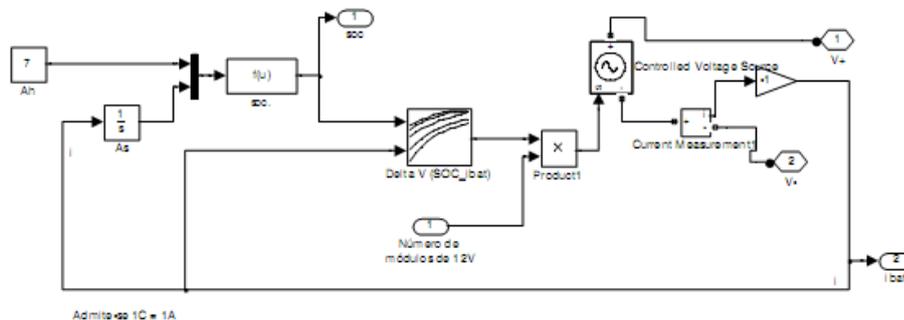
O modelo apresentado na Figura 1 consiste de dois circuitos separados que estão unidos por duas fontes, sendo uma delas de tensão controlada e a outra de corrente controlada. Um dos circuitos representa a capacidade total da bateria, enquanto o outro circuito modela a resistência interna e o comportamento momentâneo da bateria utilizando um conjunto de resistores em série e dois circuitos compostos de resistores e capacitores.



**Figura 2: Representação em MATLAB/Simulink do circuito elétrico da Figura 1 [9]**

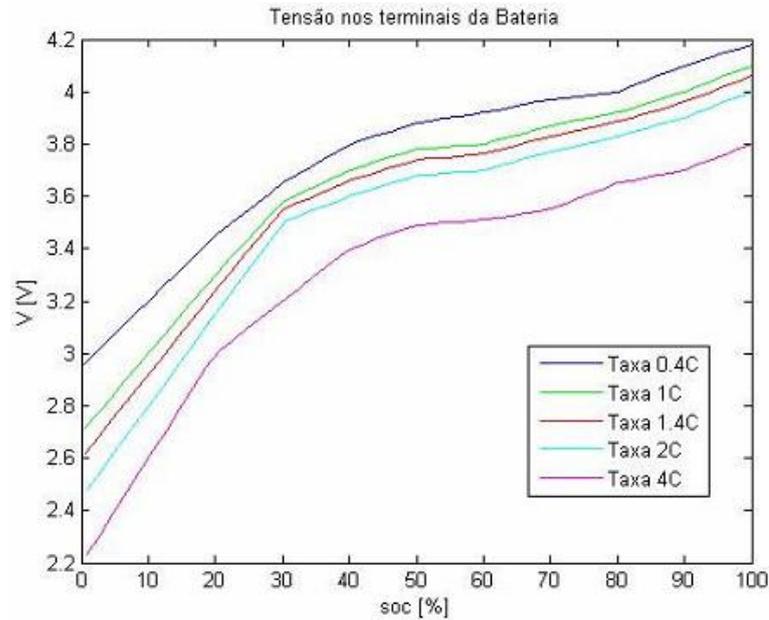
O circuito elétrico de uma bateria de íon lítio apresentado na Figura 1 é representado na Figura 2 com a utilização da ferramenta MATLAB/Simulink.

Outro modelo elétrico proposto por Mendonça [10] sugere um modelo de bateria recarregável utilizado em veículos elétricos em que são efetuadas descargas não lineares. Essa modelagem foi efetuada pelo autor diretamente na ferramenta MATLAB/Simulink, sem utilizar necessariamente como base um modelo de circuito elétrico como proposto em [9].



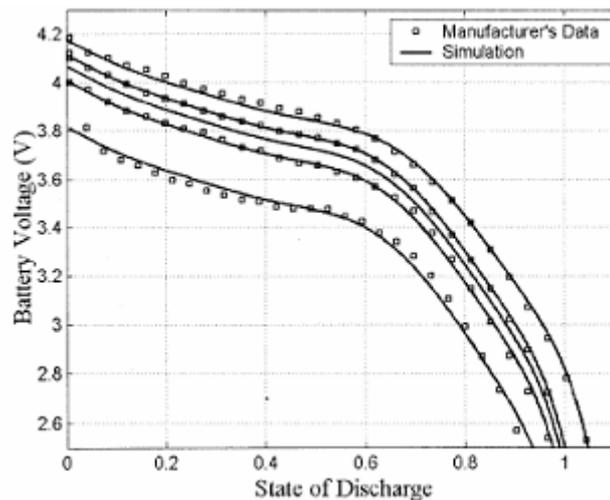
**Figura 3: Modelo em MATLAB/Simulink de uma bateria de íon lítio com descarga não linear [10]**

O modelo representado na Figura 3 é um exemplo de um diagrama de uma bateria de íon lítio que sofre de uma corrente de descarga variável. Para efetuar a simulação, é utilizada uma interpolação de duas dimensões a partir de duas variáveis, que consistem dos valores percentuais do estado de carga e de tensão recolhidos dos terminais da bateria de íon lítio no bloco Delta V (SOC\_Ibat) [10].



**Figura 4: Características simuladas a partir do modelo da Figura 3, com a interpolação de duas dimensões [10]**

Ao final da simulação, teremos o seguinte gráfico representado pela Figura 5, consistindo da tensão da bateria em relação ao estado de descarga em uma comparação dos dados simulados com os dados do fabricante.



**Figura 5: Relação entre a tensão da bateria em relação ao estado de descarga [10]**

As simulações representadas na Figura 5 possuem uma mesma natureza, partindo de tensões iniciais diferentes da bateria, consistindo de 3.8 até 4.2 Volts. Esse exemplo apresentado por [10] consiste da utilização de parâmetros discretos no tempo, utilizando somente do estado de descarga da bateria.

## 2. MATLAB E SIMULINK

### 2.1. Descrição

O MATLAB (MATrix LABoratory) é uma ferramenta desenvolvida pela MathWorks que proporciona um ambiente de trabalho interativo com linguagem de programação de alto nível, possibilitando ao usuário elaborar e solucionar tarefas complexas mais rápido que outras linguagens de programação, como C, C++ e Fortran. Atualmente a ferramenta é utilizada nas áreas de educação, em especial o ensino da álgebra linear e análise numérica. Sua utilização também é dada através da elaboração de tarefas com o processamento de imagens em duas, ou três dimensões [3].

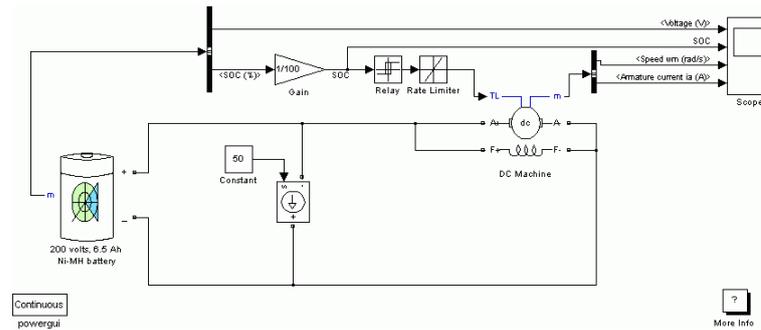
O programa também dispõe de algumas extensões (*toolboxes* ou *blocksets*), como o Simulink, o mais conhecido gerador de diagramas do MATLAB que é utilizado no estudo e implementação de modelos de descarga de baterias.

A ferramenta Simulink (Simulation and Model-Based Design) é um ambiente de simulação a partir da construção de modelos de projeto baseado em sistemas dinâmicos ou embarcados. O ambiente de trabalho é gráfico e interativo, possibilitando o usuário criar suas próprias bibliotecas de blocos para efetuar simulações, implementações e testes que demonstram o comportamento do sistema em relação à variação do tempo [11].

### 2.2. Power Battery

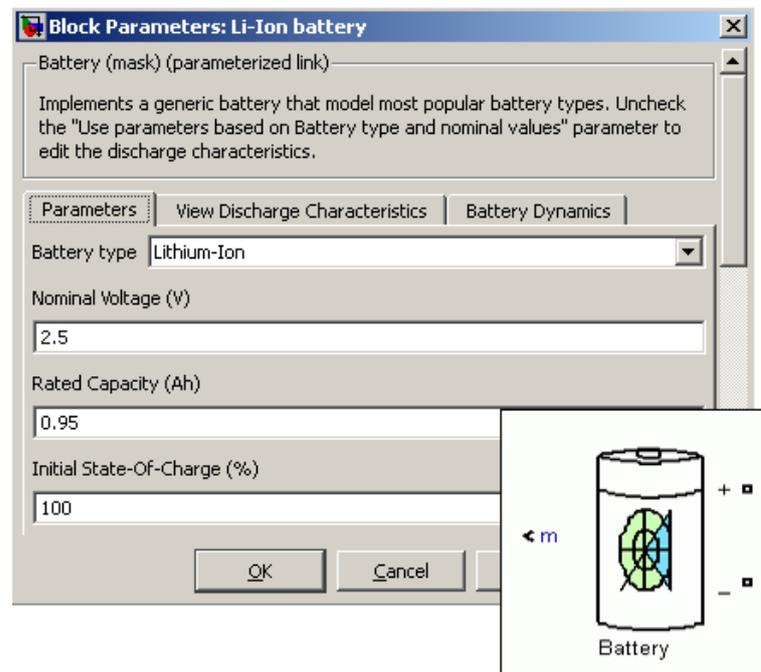
#### 2.2.1. Descrição

Os *blocksets* juntamente com os *toolboxes*, na computação, são aplicativos especializados presentes em programas utilizados para efetuar tarefas específicas como, por exemplo, o bloco de baterias Power Battery presente no MATLAB/Simulink a partir da versão 4.5 (R2007b). Esse *blockset* implementa um modelo parametrizado, genérico, e dinâmico a fim de representar os mais populares tipos de baterias recarregáveis. Dentre os tipos disponíveis no sistema, estão presentes os modelos de íon lítio, níquel cádmio, níquel metal hidreto e chumbo ácido, dos quais já são fornecidas no circuito as informações necessárias de carga e descarga a partir de equações matemáticas [12].



**Figura 6: Modelo em Simulink do blockset Power Battery**

Com base nesse modelo, podemos utilizar do bloco *Battery* para elaborar um estudo de caso sobre um tipo de bateria em específico baseado somente em alguns parâmetros como voltagem, capacidade e o estado de carga inicial. Além desses parâmetros básicos, podem ser inseridas outras informações mais detalhadas da bateria como, por exemplo, a capacidade máxima, a tensão máxima, a resistência interna, entre outras. Nesse mesmo bloco pode-se especificar ainda a descarga a ser realizada e o tempo de resposta da bateria.



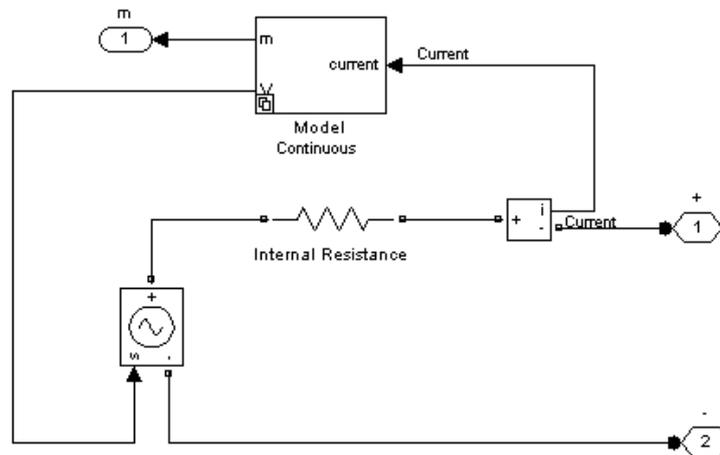
**Figura 7: Representação do bloco Battery**

A Figura 7 demonstra a interface utilizada no bloco *Battery* para a inserção dos valores da bateria a ser descarregada. Na guia *Parameters* são inseridos todos os valores relevantes para a predição do tempo de vida da bateria. Em *View Discharge Characteristics* pode ser estipulada a descarga que será adotada na bateria, que gerará o gráfico de predição (tensão da

bateria em função do tempo) da mesma. Na guia *Battery Dynamics*, podemos especificar o tempo de resposta da bateria.

### 2.2.2. Bloco Battery

O presente trabalho se desenvolve com o foco na descarga da bateria. Portanto, é utilizado o bloco *Battery* para efetuar o descarregamento da energia disponível na bateria especificada. O descarregamento simulado pelo bloco é baseado em um ambiente perfeito, sem perda de capacidade devido à variação na temperatura ou variação da corrente. Essas variáveis influenciam muito na predição do tempo de vida da bateria, que será discutido no capítulo 4.



**Figura 8: Diagrama interno do bloco Battery**

Na Figura 8 é disposto o diagrama interno presente no bloco *Battery*, que utiliza as especificações da bateria para a simulação citadas no subcapítulo 2.2.1. Esse diagrama interno efetua os devidos cálculos para a predição do tempo de vida da bateria formada pelos dados inseridos na interface.

## 3. SIMULAÇÕES

### 3.1. Nokia BL-5F

#### 3.1.1. Especificações

Possuindo um foco mais abrangente no estudo e com exemplos mais práticos, foi utilizado o modelo de bateria BL-5F em uma das simulações, onde posteriormente essa bateria juntamente com o dispositivo Nokia N95 foram submetidos a testes experimentais, com a finalidade de validar os resultados obtidos no *blockset* Power Battery.

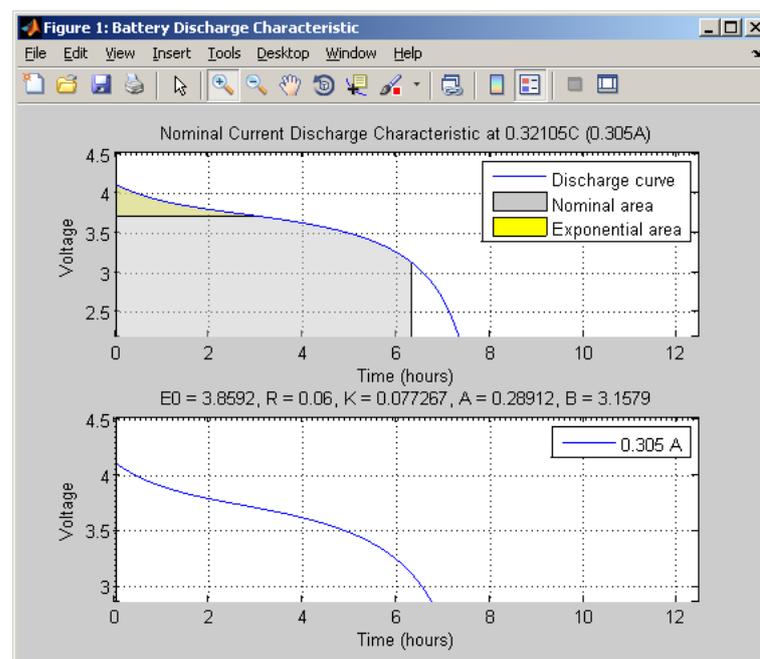
Os valores dispostos na Tabela 2 foram adquiridos a partir de medições com equipamentos próprios para o estudo, e sistemas desenvolvidos com a finalidade específica de coletar tais dados. Juntamente com esses recursos, foi utilizado o *datasheet* do dispositivo Nokia N95 [14].

**Tabela 2**

**Valores utilizados na simulação com a bateria BL-5F**

Atributo	Valor
Tensão Nominal	3.2 V
Capacidade Nominal	950 mAh
Estado de Carga	100 %
Capacidade Máxima	2530 mAh
Tensão com carga completa	4.13 V
Corrente de descarga nominal	305 mAh
Resistência interna	0.06 Ohms
Capacidade na tensão nominal	1.919 mAh
Zona Exponencial (tensão, capacidade)	3.7 V, 950 mAh

Fonte: Nokia N95 Datasheet [14]



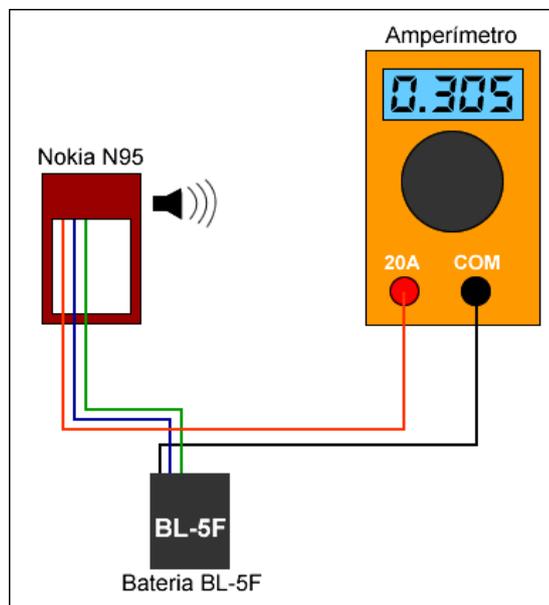
**Figura 10: Gráfico de descarga impresso da bateria BL-5F no blockset Power Battery**

Para gerar o gráfico representado na Figura 10, foi efetuada uma descarga de 305 mAh com a utilização dos parâmetros presentes na Tabela 2. Podemos observar que pela simulação elaborada pelo *blockset* Power Battery, a estimativa do tempo de vida para essa bateria nessas condições é de aproximadamente 6 horas e 18 minutos. O consumo da bateria presente nos aparelhos celulares Nokia N95 vão desde a simples conversação com a utilização do aparelho em transmissão e recepção de sinal com voz, até o consumo da bateria em *standby* (ação que o dispositivo utiliza somente a corrente necessária para mantê-lo ligado).

### 3.1.2. Medição dos perfis de descarga

Foram coletados os valores de corrente utilizados por alguns perfis de descarga, e, a partir desses valores que foi elaborada a simulação presente na Figura 10.

Os valores de correntes coletados para as ações do aparelho Nokia N95 foram coletados com um auxílio de um multímetro Minipa, modelo ET-2701, em que um dos terminais do voltímetro era conectado no dispositivo e o outro terminal era conectado na própria bateria, como pode ser observado na Figura 11.



**Figura 11: Metodologia utilizada na medição dos perfis de descarga**

O diagrama que pode ser observado na Figura 11 demonstra como foi elaborada a medição dos perfis de descarga do dispositivo celular Nokia N95 exibidos na Tabela 3. Foram acoplados aos terminais de conexão da bateria do aparelho três fios condutores, possibilitando

efetuar uma ligação entre o amperímetro e o terminal positivo do aparelho, uma ligação entre o amperímetro e o terminal positivo da bateria, e entre o aparelho e a bateria.

#### 4. TESTES EXPERIMENTAIS

A metodologia utilizada para os testes experimentais do estudo foi a de adotar um padrão no processo de descarga da bateria. A proposta é de anular qualquer alteração no resultado final dos testes em virtude de variações nas variáveis, como por exemplo, a carga total disponível na bateria antes do início da descarga.

O processo de carga e descarga da bateria para o experimento se inicia com a conexão da bateria acoplada ao dispositivo a uma fonte de carregamento até a bateria atingir o seu valor máximo de carga. Em seguida é efetuada a desconexão do dispositivo da fonte de carregamento e então, posteriormente, o aparelho é ligado. Devido à perda de carga no acionamento do dispositivo, o mesmo é reconectado para recarregamento com a finalidade de possuir a bateria com a sua capacidade máxima no início do processo de descarregamento que será monitorado. No momento que o aplicativo é acionado para iniciar o descarregamento, o dispositivo é retirado de sua fonte de carregamento, dando assim início ao processo de descarga da bateria.

Esses padrões foram estipulados para que a bateria possuísse sua carga completa no início do teste experimental, com uma descarga média de 305 mAh, como coletado pelo amperímetro durante as medições de descarga. Os resultados obtidos com a utilização desses padrões no estudo podem ser visualizados na Tabela 3, assim como o comparativo da margem de erro do teste simulado no *blockset* Power Battery em relação ao teste experimental.

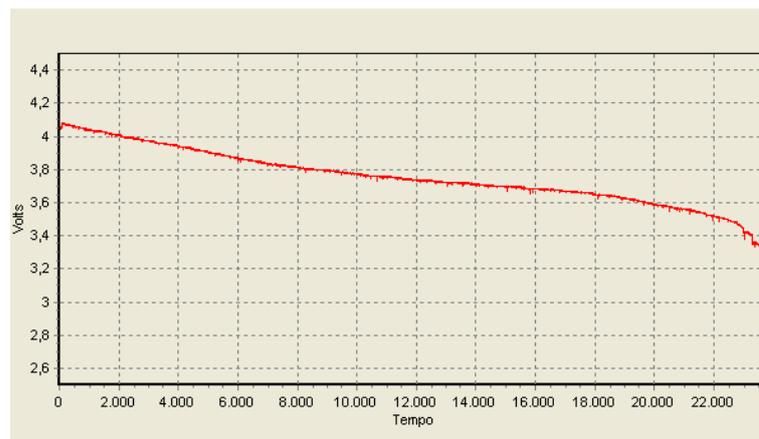
**Tabela 3**

**Relação dos testes experimentais efetuados e resultados obtidos**

Teste	Duração	Erro com relação à Base (%)
Base...	06:18	-
1 .....	06:43	6,614
2 .....	06:26	2,116
3 .....	06:32	3,703
4 .....	06:34	4,233
5 .....	06:26	2,116
6 .....	06:26	2,116
7 .....	06:33	3,968
8 .....	06:28	2,646
9 .....	06:26	2,116
10 .....	06:35	4,497

Segundo [15], os modelos elétricos possuem uma precisão mediana no que diz respeito à predição do tempo de vida das baterias, tendo uma média de erro de aproximadamente 17%. Destes, 12% são devidas às reações das espécies eletro ativas da bateria em função da temperatura e em função do processo de difusão (não considerados no cálculo). Os 5% restantes são considerados como margem de erro na predição do ciclo de descarga da bateria.

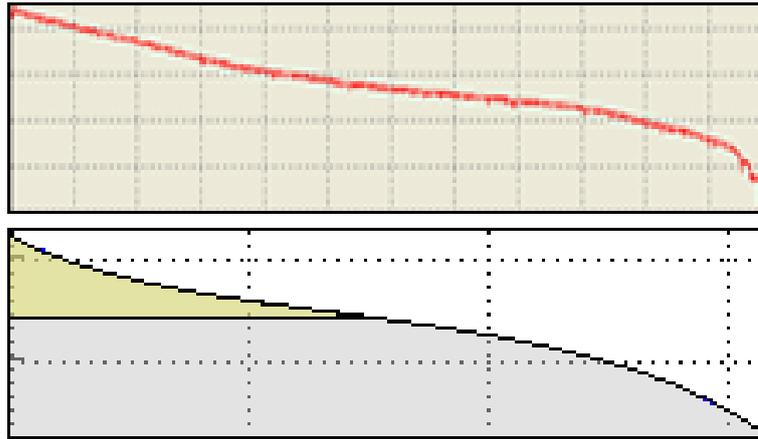
Juntamente com a simulação elaborada através do MATLAB/Simulink, foi desenvolvida uma plataforma com a capacidade de efetuar a leitura da tensão da bateria, e após, imprimi-la em um gráfico da tensão em função do tempo, tal como na ferramenta utilizada inicialmente na simulação. A finalidade de desenvolver a plataforma para descarga e o programa em questão é a de validar os resultados obtidos no *blockset* Power Battery a partir de um experimento físico monitorado.



**Figura 12: Gráfico gerado no programa através da monitoração da tensão**

A Figura 12 apresenta um gráfico de tensão em relação ao tempo, no qual os dados são coletados a cada segundo. É notável a não linearidade no gráfico impresso em função do processo de difusão do material presente na bateria.

Quando analisados simultaneamente, os gráficos da simulação e do teste experimental demonstram características muito semelhantes, como podemos observar a seguir na Figura 13.



**Figura 13: Comparação dos gráficos do estudo de caso**

## CONCLUSÕES

Um dos principais objetivos no decorrer deste estudo de pesquisa foi realizar a revisão bibliográfica dos modelos existentes para a predição de carga de uma bateria, dispondo os pontos positivos e também negativos de cada um desses modelos. Os modelos elétricos, além de serem adotados como o principal tipo de predição do tempo de vida de baterias no projeto, podem ser confiáveis devido à pequena margem de erro que os mesmos proporcionam. Isso pode ser considerado quando é analisada a comparação do período de duração da bateria na simulação do modelo elétrico, e o período de duração da bateria na operação real efetuada.

Atualmente o trabalho consistiu de utilizar uma descarga constante até o fim da capacidade da bateria. Como fonte para novos trabalhos, o estudo e a implementação de modelos de descarga de baterias pode se estender no âmbito de correntes de descarga variadas, além do período de relaxação. Somado a isso, utilizar de maneira variada os perfis de descarga na predição, com o aparelho efetuando ligações, em *standby*, tocando música, exibindo fotos, etc.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ComputerWorld, Disponível em: <<http://computerworld.uol.com.br>> Acesso em 13 de Fevereiro de 2006
- [2] Gilbert Chen, Joel Branch, M. J. P. L. Z. and Szymanski, B. K. (2004). Advances in Pervasive Computing and networking, chapter SENSE: A wireless sensor Network Simulator, pages 249–267. Springer.
- [3] MATHWORKS online. Disponível em: <<http://www.mathworks.com/products/matlab>> Acesso em 29 nov. 2009

- [4] Fortran programs for the simulation of electrochemical systems. [Online]. Available: <http://www.cchem.berkeley.edu/jsngrp/fortran.html>
- [5] D. Rakhmatov and S. Vrudhula, "An analytical high-level battery model for use in energy management of portable electronic systems," in Proceedings of the International Conference on Computer Aided Design (ICCAD'01), 2001, pp. 488–493.
- [6] M. R. Jongerden and B. R. Haverkort, "Battery modeling," Technical Report TR-CTIT-08-01, January 2008. [Online]. Available: <http://eprints.eemcs.utwente.nl/11645>
- [7] S. C. Hageman, "Simple PSpice models let you simulate common battery types," *Electronic Design News*, vol. 38, pp. 117 – 129, 1993
- [8] M. Chen and G. A. Rincon-Mora, "Accurate electrical battery model capable of predicting runtime and I-V performance," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 21, pp. 504–511, 2006.
- [9] Knauff, M. C., C. J. Dafis, D. Niebur, H. G. Kwatny, and C. O. Nwankpa. 2007. Simulink Model for Hybrid Power System Test-bed. Paper Accepted for Publication in Proceedings of IEEE Electric Ship Technologies Symposium, Arlington, VA, May 2007.
- [10] Paulo Mendonça, Duarte Sousa, "Concepção e Requisitos de um Sistema de Recarregamento de um Veículo Eléctrico" Dissertação de Mestrado, Abril 2008.
- [11] MATHWORKS online. Disponível em:  
<<http://www.mathworks.com/products/simulink>> Acesso em 29 nov. 2009
- [12] MATHWORKS online. Disponível em:  
<<http://www.mathworks.nl/access/helpdesk/help/toolbox/physmod/powersys/ref/battery.html>> Acesso em 29 nov. 2009
- [13] POWERSTREAM PRISMATIC LI-ION BATTERY H083448 DATASHEET online. Disponível em: <<http://www.powerstream.com/p/H083448.pdf> > Acesso em 29 nov. 2009
- [14] Nokia N95 Data Sheet online. Disponível em:  
<[http://www.nokia.com/NOKIA\\_COM\\_1/Press/Press\\_Events/Nokia\\_Open\\_Studio\\_26\\_Sept\\_2006/pdf/Nokia\\_N95\\_Datasheet.pdf](http://www.nokia.com/NOKIA_COM_1/Press/Press_Events/Nokia_Open_Studio_26_Sept_2006/pdf/Nokia_N95_Datasheet.pdf)> Acesso em 22 jun. 2010
- [15] R. Rao, D. Rakhmatov and S. Vrudhula, "Battery Modelling for Energy-Aware System Design," in IEEEXpore, 2003, pp. 77–87.