

# Escalonamento de Sono e Efeito Recuperação em Baterias de Nós em Redes de Sensores sem Fio

Leonardo Martins Rodrigues<sup>1</sup>

Carlos B. Montez<sup>1</sup>

Paulo Portugal<sup>2</sup>

Francisco Vasques<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prog. de Pós-Grad. em Eng. de Automação e Sistemas (PPGEAS)  
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

<sup>2</sup>Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP)  
Porto – Portugal

Florianópolis, Abril de 2014



# Sumário

- 1 Introdução
- 2 Fundamentação Teórica
- 3 Modelo
- 4 Resultados
- 5 Conclusão
- 6 Perguntas



# Introdução

## Redes de Sensores sem Fio (RSSF)

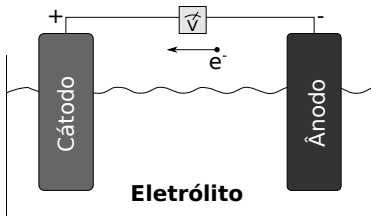
- Conjunto de nodos espalhados aleatoriamente com capacidade de auto-gerenciamento [1];
- Objetivo: monitorar algum fenômeno no ambiente (esforço colaborativo);
- Aplicações: indústria, meio ambiente, militar, saúde, etc.;
- Problema: gerenciamento energético, escalonamento do sono, etc.;



# Fundamentação Teórica

## Baterias

- Dispositivo capaz de transformar energia química em elétrica;
- Componentes: Ânodo, Cátodo, Eletrólito e eletrodos;



- Tecnologias: Ni-Cd, Ni-MH, Li-ion, Li-polymer, etc.;

# Fundamentação Teórica

## Baterias: Efeitos intrínsecos

- Efeito da Taxa de Capacidade (*Rate Capacity Effect*):
  - Dependência entre capacidade atual e a magnitude da corrente aplicada;
  - Ex.: altas correntes de descarga reduzem significativamente a capacidade;
- Efeito Recuperação (*Recovery Effect*):
  - Capacidade de recuperar carga quando nenhuma carga externa está conectada;

# Fundamentação Teórica

## Modelos de Baterias

- Objetivos:
  - Modelar o comportamento (não linear) das baterias;
  - Estimar o tempo de vida de uma bateria de acordo com as cargas aplicadas;
- Tipos: Eletroquímico, Circuito Elétrico, Analíticos, Estocásticos, Híbridos;

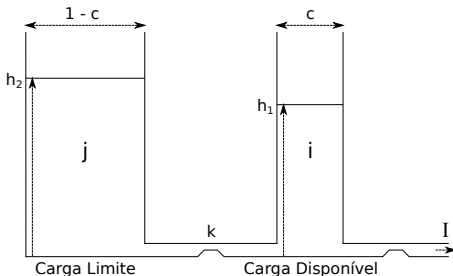
## Modelo Analítico: Kinect Battery Model (KiBaM) [2]

- Modelo abstrato e bastante intuitivo;
- Dois tanques: Carga Disponível e Carga Limite;

# Fundamentação Teórica

## Modelo Analítico: Kinect Battery Model (KiBaM) [2]

- Fluxo de carga depende dos parâmetros:  $(h_2 - h_1)$  e  $k$ ;
- Modela adequadamente os Efeitos Taxa de Capacidade e Recuperação [3];



# Fundamentação Teórica

## Modelo Analítico: Kinect Battery Model (KiBaM) [2]

$$\begin{cases} i = i_0 e^{-k't} + \frac{(y_0 k' c - I)(1 - e^{-k't})}{k'} - \frac{I c (k't - 1 + e^{-k't})}{k'} \\ j = j_0 e^{-k't} + y_0 (1 - c)(1 - e^{-k't}) - \frac{I(1 - c)(k't - 1 + e^{-k't})}{k'}, \end{cases} \quad (1)$$

$$k' = \frac{k}{c(1 - c)}, \quad y_0 = i_0 + j_0;$$



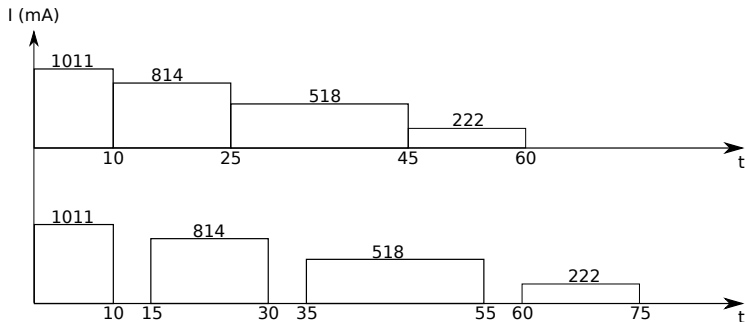
# Fundamentação Teórica

## Escalonamento do Sono (*Sleep Scheduling*)

- Objetivos:
  - Realizar o rodízio entre os nodos para poupar energia;
  - Escolher adequadamente a ordem de execução das tarefas;
  - Aumentar o tempo de vida da rede;
- Tarefas que precisam de maior carga devem executar primeiro [4];
- Inserir períodos ociosos entre tarefas favorece a bateria [5];

# Fundamentação Teórica

## Escalonamento do Sono (*Sleep Scheduling*)



# Modelo

- Objetivos específicos do trabalho:
  - Observar o aumento no tempo de vida de uma RSSF quando o Efeito Recuperação faz parte da rotina dos nodos;
  - Simular de forma adequada o Efeito Taxa de Capacidade;
- Ambiente de simulação: GNU Octave;
- Modelo escolhido: KiBaM (analítico);
- Constantes:  $k = 10^{-5}$  e  $c = 0,625$ ;



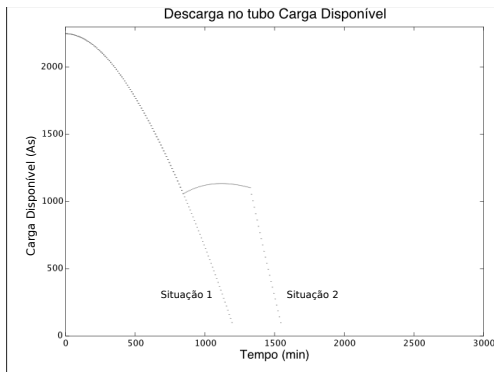
# Modelo

**Tabela :** Cargas utilizadas nas simulações.

Tarefa	Carga (mA)	Tempo de execução (min)
A	40	10
B	20	5
C	5	0 – 20

# Resultados

## Cenário 1:



# Resultados

## Cenário 1:

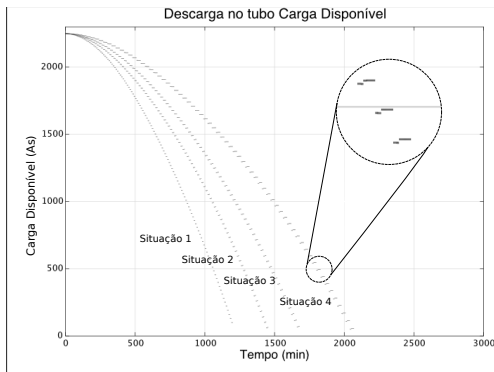
Tabela : Tempos obtidos no Cenário 1.

Situação	<i>Sleep Mode</i>	Tarefa(s)	Tempo (min)
1	Não	A	1200 (20,00 h)
2	Sim (8 h)	$A \rightarrow C \rightarrow A$	1550 (25,83 h)

- Aumento percentual: 29,16%;

# Resultados

## Cenário 2:



# Resultados

## Cenário 2:

**Tabela :** Tempos obtidos no Cenário 2.

Situação	<i>Sleep Mode</i>	Tarefa(s)	Tempo (min)
1	Não	A	1200 (20, 00 h)
2	Sim (5 min)	AC	1455 (24, 25 h)
3	Sim (10 min)	AC	1680 (28, 00 h)
4	Sim (20 min)	AC	2070 (34, 50 h)

- Aumento percentual (1|3): 40,00%;
- Aumento percentual (1|4): 72,50%;



# Resultados

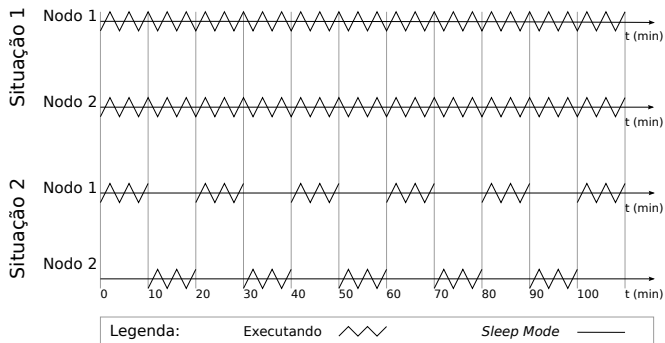
## Cenário 3:

**Tabela :** Tempos obtidos no Cenário 3.

Situação	<i>Sleep Mode</i>	Ordenação	Tempo (min)
1	Não	{AB}	555 (09, 25 h)
2	Sim (10 min)	{ACB}	725 (12, 08 h)
3	Sim (10 min)	{ABC}	750 (12, 50 h)
4	Não	{BA}	570 (09, 50 h)
5	Sim (10 min)	{BCA}	750 (12, 50 h)
6	Sim (10 min)	{BAC}	750 (12, 50 h)

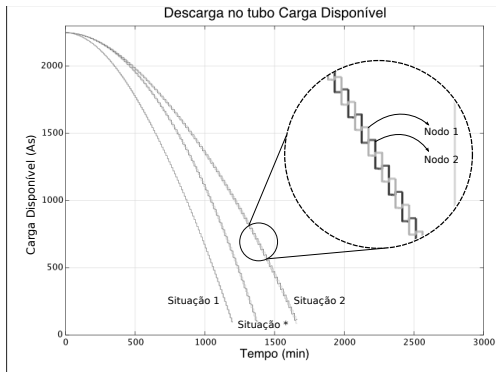
# Resultados

## Cenário 4:



# Resultados

## Cenário 4:



# Resultados

## Cenário 4:

**Tabela :** Tempos obtidos no Cenário 4.

Situação	<i>Sleep Mode</i>	Tarefa(s)	Tempo (min)
1	Não	A	1202,00 (20,03 h)
*	Sim (S/ Recuperação)	AC	1382,30 (23,03 h)
2	Sim (10 min)	AC	1662,76 (27,71 h)

- Aumento percentual (1|2): 38,33%;
- Aumento percentual (\*|2): 20,32%;

# Conclusão






- O consumo energético dos nodos é relevante no contexto das RSSF;
- O Efeito da Taxa de Capacidade e, principalmente, o Efeito Recuperação desempenham importante papel no tempo de vida da bateria de um nodo;
- Em uma RSSF com diversos nodos, alguns podem coletar informações enquanto outros recuperam energia;

## Trabalhos Futuros

- Expandir as simulações para diversos nodos.
- Avaliar o desempenho do KiBaM em baterias Li-ion.
- Integrar o modelo de bateria em uma ferramenta voltada para simulação de RSSF, como o OMNeT++;



# Referências bibliográficas

-  I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "Wireless Sensor Networks: A Survey," *Computer Networks*, vol. 38, no. 4, pp. 393–422, 2002.
-  J. F. Manwell and J. G. McGowan, "Lead Acid Battery Storage Model for Hybrid Energy Systems," *Solar Energy*, vol. 50, no. 5, pp. 399–405, 1993.
-  M. R. Jongerden and B. R. Haverkort, "Battery Modeling," University of Twente, Tech. Rep., 2008.
-  D. Rakhmatov, S. Vrudhula, and C. Chakrabarti, "Battery-Conscious Task Sequencing for Portable Devices Including Voltage/Clock Scaling," *39th Design Automation Conference*, pp. 189–194, 2002.
-  H. Li, C. Yi, and Y. Li, "Battery-Friendly Packet Transmission Algorithms for Wireless Sensor Networks," *IEEE Sensors Journal*, vol. 13, no. 10, pp. 202–207, 2013.

# Perguntas

