

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC**  
**CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**LUAN PORFÍRIO MACARINI**

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA BATERIA DE UM DISPOSITIVO MÓVEL  
COM SISTEMA OPERACIONAL ANDROID, COM BASE NO MODELO  
ANALÍTICO LINEAR**

**CRICIÚMA**

**2012**

**LUAN PORFÍRIO MACARINI**

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA BATERIA DE UM DISPOSITIVO MÓVEL  
COM SISTEMA OPERACIONAL ANDROID, COM BASE NO MODELO  
ANALÍTICO LINEAR**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para  
obtenção do grau de Bacharel no curso de Ciência da  
Computação da Universidade do Extremo Sul  
Catarinense, UNESC

Orientador: Prof. Esp. Sergio Coral

**CRICIÚMA**

**2012**

LUAN PORFÍRIO MACARINI

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA BATERIA DE UM DISPOSITIVO MÓVEL  
COM SISTEMA OPERACIONAL ANDROID, COM BASE NO MODELO  
ANALÍTICO LINEAR

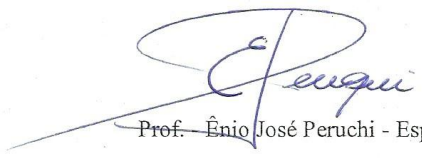
Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no Curso de Ciência da Computação da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com linha de pesquisa em baterias de Smartphone.

Criciúma, 26 de Novembro de 2012.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Sergio Coral - Esp. - UNESC - Orientador

  
Fábio Bif Goularte - Esp.

  
Prof. Ênio José Peruchi - Esp. - UNESC

**Dedico este trabalho a meus pais e amigos, os quais participaram desta conquista.**

## **AGRADECIMENTOS**

É com grande satisfação que concluo este trabalho de conclusão de curso e também meu bacharelado em Ciência da Computação, ao qual após quase cinco anos me dediquei para chegar onde estou.

Com esta oportunidade, agradeço a meus pais que me incentivaram desde o começo a ter um diploma na faculdade e a sempre estar evoluindo com os estudos e também a meus colegas de trabalho e amigos, que são fundamentais em tudo que fazemos em nossa vida.

## RESUMO

Este trabalho abordará um dos temas mais discutidos e preocupantes quando o assunto é Dispositivos Móveis, que é avaliar o comportamento de uma bateria, nada mais sendo a fonte de energia hoje utilizada nos dispositivos. Um grande diferencial que um dispositivo pode obter em relação a um concorrente é o tempo de vida do aparelho durante a sua utilização, sem que seja necessário conectar-se a uma fonte de energia secundária e sem alterar a rotina do usuário. Este objetivo os fabricantes podem alcançar investindo em novas tecnologias e utilizando matérias com amplo grau de pureza, garantindo a qualidade do produto. Além disto, a educação dos usuários na utilização do aparelho é muito importante, pois como qualquer outro eletrônico, hábitos de economizar a energia quando possível são muito valiosos para se obter o máximo da bateria. Devido às dimensões reduzidas dos dispositivos móveis (na maioria dos casos) e desempenhos de processamento elevados, o tempo de vida tende a reduzir, fazendo com que o número de recargas seja maiores. No mercado os usuários podem encontrar diversos softwares que configuram automaticamente os aplicativos do aparelho para que se obtenha o melhor desempenho; porém estas aplicações são apenas alternativas e não uma solução para o usuário. Por meio de aparelhos de medição e com auxílio da ferramenta MATLAB que auxiliará na criação de gráficos, o trabalho irá abordar além da parte teórica, a parte prática, obtendo-se o gasto médio das aplicações mais utilizadas pelos usuários no dia a dia e verificando por meio do modelo Analítico Linear, a capacidade de carga restante de uma bateria BT50, presente no smartphone XT-300 da Motorola, buscando prever o tempo de vida da bateria.

**Palavras-chave:** Smartphone, bateria, linear, modelo, tempo.

## ABSTRACT

This paper will address one of the topics most discussed and troubling when it comes to Mobile Devices, which is to evaluate the behavior of a battery, nothing else being the energy source used in devices today. A great advantage that a device can obtain with respect to a competitor's lifetime of the device during use, without it being necessary to connect a secondary power source and the routine without changing the user. This objective manufacturers can achieve by investing in new technologies and using materials with ample purity, ensuring product quality. Furthermore, education of users in the use of the device is very important because like any other electronic habits to save energy where possible are very valuable to get the most battery. Due to the small size of mobile devices (in most cases) and high performance processing, the life time tends to decrease, causing the number of refills is greater. Market users can find several software applications that automatically configure the device to obtain the best performance, but these applications are not just alternatives and a solution to the user. Through measuring devices and with the help of MATLAB tool that will assist in creating charts, work will address beyond the theoretical, the practical, yielding the average expenditure of the applications most used by users on a daily and checking by means of linear analytical model, the remaining load capacity of a battery BT50 present in smartphone XT-300 Motorola, aiming to predict the lifetime of the battery.

**Keywords:** Smartphone, battery, linear model, time.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- INTERFACE WINDOWS MOBILE.....	19
FIGURA 2- INTERFACE DO SISTEMA OPERACIONAL IOS DA APPLE. ....	20
FIGURA 3- INTERFACE ANDROID. ....	22
FIGURA 4- ARQUITETURA DA PLATAFORMA ANDROID .....	23
FIGURA 5- FORMAÇÃO DE UMA TELA LCD. ....	28
FIGURA 6- ILUSTRA A ESTRUTURA DE UM OLED COMUM.....	29
FIGURA 7- ILUSTRA A ESTRUTURA DE UM PMOLED. ....	30
FIGURA 8- ILUSTRA A ESTRUTURA DE UM AMOLED.....	30
FIGURA 9- ILUSTRA A ESTRUTURA DE UM TOLED.....	31
FIGURA 11- ESQUEMA DE UMA CÉLULA ELETROQUÍMICA. ....	33
FIGURA 12- DIFERENTES ESTADOS DE OPERAÇÃO DA BATERIA.....	34
FIGURA 13- PROCESSOS EFETUADOS NOS TESTES DO COMPORTAMENTO DA BATERIA.....	43
FIGURA 14- GRÁFICO COMPARANDO O MODELO LINEAR E O TEMPO REAL OBTIDO.....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Membros da <i>Open Handset Alliance</i> .....	21
Tabela 2- Gerações de Wi-Fi, com suas faixas de frequência e largura de banda.....	32
Tabela 3- Atributos e valores da bateria BT50.....	42
Tabela 4- Valores obtidos nos testes de comportamento da bateria.....	44
Tabela 5- Conversões de valores mAh para mAs.....	45
Tabela 6- Conversões de valores mAs para mAh.....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AH	Ampere Hora
AMOLED	Active Matrix Organic Light Emitting Diode
API	Application Programming Interface
ARM	Advanced RISC Machines
CDMA	Code Division Multiple Access
DDR	Double Data Rate
DM	Dispositivo Móvel
FOLED	Flexible Organic Light Emitting Device
GPS	Global Positioning System
GSM	Groupe Special Mobile
LCD	Liquid Crystal Devices
LED	Light Emitting Diode
LI-ION	Lithium-Íon
MAH	Mille Ampere Hora
MAS	Mille Ampere Segundo
MIN	Minutos
MV	Máquina Virtual
NI-CD	Níquel Cádmio
NI-MH	Níquel Metal-Hidreto
OHA	Open Handset Alliance
OLED	Organic Light-Emitting Diode
PC	Personal Computer
PDA	Personal Digital Assistance
PHOLED	Phosphorescent Organic Light Emitting Diodes
PMC	Prefeitura Municipal de Criciúma
PMOLED	Passive Matrix Organic Light Emitting Diode
RAM	Random Access Memory
RISC	Reduce Instruction Set Computer
ROM	Read Only Memory
RSSF	Redes de Sensores Sem Fio
S	Segundos

SDRAM	Synchronous Dynamic Random Access Memory
SMS	Safety Management System
SO	Sistema Operacional
SRAM	Static Random Access Memory
TFT	Thin-Film Transistor
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
USB	Universal Serial Bus
V	Volts
WOLED	White Organic Light Emitting Diode

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.3 JUSTIFICATIVA.....	13
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
<b>2 DISPOSITIVOS MÓVEIS</b> .....	16
2.1 EVOLUÇÃO DOS APARELHOS CELULARES.....	16
2.2 SMARTPHONES.....	17
2.3 SISTEMAS OPERACIONAIS E ARQUITETURA.....	18
2.4 PLATAFORMA ANDROID.....	22
2.5 VISÃO DE MERCADO DOS DISPOSITIVOS MÓVEIS.....	24
<b>3 COMPONENTES DE SMARTPHONES E SUAS CARACTERÍSTICAS</b> .....	26
3.1 HARDWARE.....	26
3.2 SOFTWARE.....	31
3.3 FONTE DE ALIMENTAÇÃO DE SMARTPHONE.....	33
3.4 MODELOS DE BATERIAS E SEU FUNCIONAMENTO.....	35
<b>4 MODELOS ANALÍTICOS</b> .....	37
4.1 MODELO LINEAR.....	37
4.2 LEI DE PEUKERT.....	37
4.3 RAKHMATOV E VRUDHULA.....	38
<b>5 TRABALHOS CORRELATOS</b> .....	39
5.1 MODELOS ANALÍTICOS NA PREDIÇÃO DO TEMPO DE VIDA DE BATERIAS UTILIZADAS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS.....	39
5.2 GERENCIAMENTO INTEGRADO DE ENERGIA E CONTROLE DE TOPOLOGIA EM REDES DE SENSORES SEM FIO.....	40
5.3 UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS MATLAB E SIMULINK PARA A PREDIÇÃO DO TEMPO DE VIDA DE BATERIAS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS.....	40
<b>6 TESTES E RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	42
6.1 AMBIENTE DE TESTES.....	42
6.1.1 DISPOSITIVO MÓVEL SPICE XT300.....	42
6.1.2 BATERIA BT50.....	42

6.1.3 METODOLOGIA.....	43
6.2 RESULTADOS OBTIDOS.....	44
6.2.1 VALORES DE CORRENTES DE CARGA UTILIZANDO APLICATIVOS DO DISPOSITIVO MÓVEL.....	44
6.2.2 RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO MODELO LINEAR.....	44
<b>7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>
<b>APENDICE.....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo da última década, o número de novos dispositivos de comunicação foi ampliado largamente, principalmente com os laptops e seus modems 3G, netbooks, *tablets* e smartphones. Esses novos dispositivos tendem a multiplicar aceleradamente nos próximos 10 anos, em um cenário que a comunicação máquina-máquina deverá superar largamente a comunicação entre seres humanos (SIQUEIRA, 2011).

Os Dispositivos Móveis (DM) podem ser *paggers*, telefones celulares, notebooks, netbooks, *tablets*, webphones, Assistentes Digitais Pessoais (PDA) e aparelhos que permitem o acesso a Internet, dentre eles os smarthphones. Essa lista vem crescendo à medida que mais dispositivos novos são introduzidos a cada dia no mercado. Os DM permitem a comunicação com outras pessoas e a obtenção de informações em qualquer lugar, a qualquer hora.

Com essa demanda crescente, os smarthphones agregaram várias funcionalidades que hoje são, para muitos, essenciais, tais como: redes sociais, fácil acesso a notícias, jogos, e-commerce e varias outras possibilidades que estão surgindo, tais como efetuar pagamentos on-line e realizar transações bancárias.

O principal sistema operacional disponível para smartphones é o Android da Google. Por se tratar de um Sistema Operacional aberto, o Android pode ser usado em diversos aparelhos de marcas diferentes (SMALL, 2011).

Não existe restrição para o desenvolvimento de uma aplicação para esta plataforma, por ser Open Source. Uma das melhores características do Android é que seus aplicativos podem ser implementados em Java e não estão presos a um hardware específico, podendo estar em smartphones e outros.

Mesmo com o avanço das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), quando falamos em dispositivos móveis e mais especificamente em smartphones, observamos uma diferença na evolução da tecnologia desses dispositivos com relação a sua fonte de energia, a bateria.

Pode-se observar, nos mais variados modelos de smartphones, avanços em processamento, memória, espaço de armazenamento, miniaturização, sistemas operacionais e aplicações para as mais diversas funcionalidades, exigindo-se, cada vez mais, dos recursos de bateria desses aparelhos. E tratando-se da bateria de smartphones, pouco se avançou nas técnicas de armazenamento de energia, levando-se em consideração o tempo de funcionamento, que deve ser suficientemente grande a ponto de não ser necessário estar conectando os dispositivos, em um curto intervalo de tempo, a uma fonte de energia externa.

Uma bateria é constituída por uma ou mais células eletroquímicas, ligadas em série ou em paralelo, ou ainda através de uma combinação de ambas. Nestas células a energia química armazenada é convertida em energia elétrica através de reações eletroquímicas (KLEVESTON, 2011).

As baterias utilizadas nos smartphones normalmente são de Li-Ion, mas os primeiros celulares utilizavam baterias Ni-Cad ou Ni-MH, mas elas logo foram substituídas pelas Li-Ion, que são mais leves e oferecem uma densidade energética muito maior. Grande parte disso se deve ao fato do lítio usado nas baterias ser o metal mais leve (número atômico 3, logo depois do hidrogênio e do hélio). O lítio não é apenas o mais leve dos metais, mas também duas vezes mais leve que a água (MORIMOTO, 2010).

O desempenho de uma bateria em relação ao perfil de corrente de descarga depende de dois efeitos (KLEVESTON, 2011):

- a) efeito de taxa de capacidade, que depende da capacidade atual da bateria, e da intensidade da sua corrente de descarga;
- b) efeito de recuperação, que depende da recuperação da capacidade durante períodos ociosos, ou seja, períodos em que a corrente solicitada é reduzida significativamente.

Portanto é importante que se busque maneiras para demonstrar, cientificamente, como se comporta a bateria de um smartphone.

O modelo Linear permite calcular a capacidade restante de uma bateria considerando a capacidade no início da operação, e a corrente constante de descarga durante a operação, e o tempo de duração da corrente. A capacidade remanescente é calculada sempre que a corrente de descarga for alterada (KLEVESTON, 2011).

Para aplicar o modelo são necessários aparelhos de medição de energia elétrica, tal como, um multímetro, que se torna necessário para se obter os dados da bateria.

Estando de posse das informações de consumo da bateria, é possível realizar a modelagem matemática com um software específico, por exemplo, o Matlab.

Matlab é um software de alto desempenho interativo para computação científica e de engenharia. Matlab integra análise numérica, matriz computação, processamento de sinal e gráficos em um ambiente fácil de usar onde problemas e soluções são expressos somente como eles são escritos matematicamente (CAMBRIDGE, 2011).

Visto o problema apontado, este trabalho pretende aplicar a técnica do Modelo Analítico Linear em baterias de dispositivos móveis para verificar a capacidade remanescente

da bateria de um smartphone, buscando prever o tempo de vida da mesma e ainda, realizar testes com os principais aplicativos de smartphones, utilizados no dia a dia dos usuários.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo realizar um estudo sobre o comportamento da bateria em Dispositivos Móveis com Sistema Operacional Android, utilizando o Modelo Analítico Linear.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos foram descritos os itens a seguir:

- a) escrever sobre Dispositivos Móveis e a tecnologia Android;
- b) escrever sobre o Modelo Analítico Linear;
- c) identificar os cálculos necessários para se obter números com relação ao consumo e tempo de carga e descarga da bateria;
- d) aplicar o Modelo Analítico Linear em uma bateria de um dispositivo móvel;
- e) realizar testes com as principais aplicações dos dispositivos móveis, verificando a quantidade média de carga através da corrente, consumida pelo aplicativo;
- f) apresentar documentação com os resultados obtidos.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Estudos prospectivos mostram que o mundo terá, no final desta década, ou seja, em 2020, cerca de 55 bilhões de dispositivos móveis, entre os quais celulares comuns, smartphones, iPods, tablets, iPads e aqueles dispositivos que farão a comunicação entre máquinas. Essas previsões nos sugerem que a mobilidade vai superar largamente os limites atuais da telefonia móvel celular (SIQUEIRA, 2011).

Ao longo da história humana, nenhuma outra invenção se expandiu e alcançou tantos seres humanos em tão pouco tempo quanto o celular. Em menos de 30 anos, saiu do zero para alcançar os 5,3 bilhões atuais – quando a população da Terra se aproxima dos 6,8 bilhões de habitantes. Na América Latina, no início de 2011, a Argentina alcançou a expressiva densidade de 133 celulares por 100 habitantes. Já no Brasil o celular já supera os 107% (SIQUEIRA, 2011).

Existem vários sistemas operacionais disponíveis no mercado dos dispositivos móveis. Um deles é o iOS da Apple, que é um SO fechado e que em 2011 apresenta-se com um percentual de mercado aproximado de 17,1%. Os aplicativos são distribuídos/vendidos na Apple App Store. O site da Apple informa que para desenvolver é necessário possuir cadastro de desenvolvedora Apple, o que custa US\$ 99,00 anuais, e ainda informa uma série de requisitos técnicos necessário para desenvolver. Outro sistema operacional é o WindowsPhone da Microsoft, que também é fechado e conta com um percentual aproximado de 5,2%. Já o líder no mercado de dispositivos móveis, atualmente, é o Android da Google, que é um sistema operacional de código aberto e hoje conta com aproximadamente 22,2% do mercado. Uma plataforma que vem ganhando espaço no mercado, estando no topo das preferências entre os usuários e considerado o sistema operacional do futuro para dispositivos móveis (SMALL, 2011).

Levando-se em consideração que o sistema operacional Android da Google é o mais popular entre os usuários de smartphones e que é uma plataforma aberta que pode ser explorada ao máximo, vê-se nesta plataforma uma grande oportunidade de realizar testes no mesmo.

Essa plataforma computacional, desenvolvida na Universidade da Califórnia, Berkeley, atualmente é a mais difundida (VITORINO, 2004).

A unidade de sensoriamento de cada nó Mica Mote pode ser equipada com uma variedade de sensores, tais como acústico, temperatura, aceleração, luminosidade e pressão (BEATRYS, 2004). Desta maneira poderemos capturar as informações necessárias para aplicarmos o cálculo do modelo analítico Linear.

O software MatLab vem sendo utilizado por várias universidades e engenheiros desde os anos 70, o que proporciona uma melhor precisão e também segurança na realização dos cálculos matemáticos necessários neste trabalho.

O modelo analítico Linear foi escolhido devido ser um modelo simples e de fácil implementação, e por este motivo muito utilizado e referenciado na literatura. Com o presente modelo matemático, podemos obter a carga remanescente da bateria e prever o tempo de vida da mesma (KLEVESTON, 2011).

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está disposto em sete capítulos, considerando a introdução e a conclusão, restando quatro capítulos de fundamentação teórica e um de resultados obtidos, sendo eles: Dispositivos Móveis, Componentes de Smartphones e suas Características, Modelos Analíticos e Trabalhos Correlatos.

No capítulo dois será abordado sobre a evolução dos aparelhos celulares, smartphones, Sistemas Operacionais com foco no Android que é objeto de estudo deste trabalho e a visão do mercado de dispositivos móveis.

No capítulo três será disposto sobre as características do Smartphone, tais como, hardware, software e também os modelos de baterias existentes.

No capítulo quatro serão expostos os modelos analíticos para predição do tempo de vida de uma bateria, sendo eles, modelo Linear, Lei de Peuker e Rakhmatov e Vrudhula.

No capítulo cinco estão presentes três trabalhos correlatos que envolvem estudos sobre os modelos analíticos e o comportamento das baterias.

No capítulo seis estão expostos os testes e resultados obtidos a partir do estudo dos dispositivos móveis, modelo Linear e a bateria.

## 2 DISPOSITIVOS MÓVEIS

Popularmente chamado de *handheld* em inglês, é um computador de mão equipado com um display e um teclado, tendo ainda modelos com display *touch screen*, sendo que o teclado é um aplicativo diretamente na tela.

Atualmente, existem diversos tipos de DM no mercado, tais como, pagers, telefones celulares, notebooks, netbooks, tablets, webphones, PDA e aparelhos para acessar a Internet. Os DM permitem a comunicação com outras pessoas e a obtenção de informações em qualquer lugar, a qualquer hora, utilizando uma conexão com a internet. Permitem ainda outras tarefas como edição de textos, armazenamento para transporte de documentos e comunicação com outras pessoas.

Segundo Figueiredo e Nakamura (2003), um dispositivo móvel deve ter a capacidade de trafegar informações na rede, processar dados e poder ser transportado facilmente por qualquer usuário. Sendo assim, é fundamental que o dispositivo móvel tenha tamanho mínimo e não necessite de cabos para conectá-lo à rede de dados ou fonte de energia elétrica (este seja necessário apenas para recarregar a bateria).

Estes equipamentos devem possuir características conforme segue: tamanho reduzido, sendo menor que as estações de trabalho anteriormente comuns (desktops), quase sempre poderem ser manuseados no colo ou na palma das mãos; possuir uma bateria acoplada para que não seja necessária a conexão constante à rede elétrica através de cabos (não limitando a mobilidade do DM), e ter acesso a dados através de tecnologias de redes sem fio, pelo mesmo motivo citado anteriormente (FIGUEIREDO; NAKAMURA, 2003).

### 2.1 EVOLUÇÃO DOS APARELHOS CELULARES

Por volta de 1983 era lançado o primeiro celular, que media 330,2 x 44,45 x 88,9mm e pesava quase 800 gramas. A carga da bateria deste modesto celular durava apenas 1 hora de conversação e 8 horas em *stand-by* (ocioso).

Segundo Morimoto (2009), os celulares surgiram para cumprir uma tarefa de menos importância do que há hoje, utilizando a transmissão por rádio e servindo apenas como um sistema de telefonia móvel.

Os primeiros aparelhos utilizavam um sistema simples, que podiam ser facilmente clonados, pois a comunicação se dava de forma analógica. A clonagem foi uma fase problemática para os aparelhos, e que acelerou a adoção de outras tecnologias de

comunicação sem fio, *Code Division Multiple Access* (CDMA) e *Group Special Mobile* (GSM), que são os sistemas digitais usados atualmente. Além de solucionar o problema relacionado à clonagem, os sinais digitais possibilitaram a transmissão de dados baseada em pacotes, e trouxe consigo o acesso móvel à internet. A partir deste momento, os celulares deixaram de ser apenas telefones portáteis e ao longo dos anos, transformaram-se nos conhecidos smartphones (MORIMOTO, 2009).

## 2.2 SMARTPHONES

Os smartphones estão, cada vez mais, sendo utilizados no mercado e conquistando novos usuários.

Basicamente, o smartphone é um aparelho celular, porém com mais recursos disponíveis, dentre estes recursos existe a conexão com internet, permitindo a instalação de diversos aplicativos para as mais variadas tarefas, tais como, comunicação via texto (SMS), lazer, marketing e estudos, e ainda, possuem a capacidade de ler ou editar arquivos texto e de outras extensões, como por exemplo, os pacotes Microsoft Office e do BrOffice (MENEZES, 2011).

Segundo Pretto (2006), smartphones são telefones celulares com funções de PDA, onde a maior desvantagem em relação a um PDA é o tamanho da tela, que geralmente, é menor.

Com a evolução dos celulares (smartphones), alguns recursos se tornaram ultrapassados e acabaram caindo em desuso. As primeiras ferramentas que acabaram sendo substituídas foram as agendas eletrônicas, sendo incorporadas aos smartphones com o objetivo de armazenar contatos. Posteriormente foram os PDA e os Palms, pois em um smartphone temos as mesmas funcionalidades destes dois dispositivos. Outras funcionalidades que foram incorporadas aos smartphones foram as câmeras digitais, conexões via Wi-fi, 2G, 3G, 4G chamadas de vídeo conferência, aplicativos de música e vídeos como mp3, mp4, aplicativos de localização que utilizam *Global Positioning System* (GPS), meios de compartilhamento como o Bluetooth e conexões Universal Serial Bus (USB) (MORIMOTO, 2009).

A partir da chegada dos smartphones, que através de sua evolução adquiriu várias funções, surgiu um grande problema. Quanto mais funções um dispositivo apresenta, que por sua vez é compacto, fazendo com que os desenvolvedores tenham que reduzir as peças em tamanhos muito pequenos, a necessidade de mais processamento e também um consumo

elétrico maior é inevitável. Como as baterias não evoluem na mesma velocidade das tecnologias e dos consumidores por novos recursos, criar dispositivos compactos e com uma boa autonomia de baterias se tornou difícil (MORIMOTO, 2009).

Com raras exceções, os processadores utilizados nos smartphones são *Advanced RISC Machines* (ARM), e utilizam a arquitetura *Reduce Instruction Set Computer* (RISC) de 32 bits.

A memória e o display também evoluíram nos smartphones, atualmente existem alguns tipos de memórias, tais como, *Random Access Memory* (RAM), *Synchronous Dynamic Dandom Access Memory* (SDRAM), *Read Only Memory* (ROM), *Static Random Access Memory* (SRAM), *Double Data Rate* (DDR) e flash. Algumas dessas consomem mais ou menos memória, e possibilitou o desenvolvimento de smartphones com baterias removíveis (MORIMOTO, 2009). Com relação ao display, que passa despercebido entre muitas pessoas quando falamos em consumo de bateria nos smartphones, os displays de *Liquid Crystal Devices* (LCD) e *Active Matrix Organic Light Emitting Diode* (AMOLED) dominam o mercado atual, dando destaque para o AMOLED que além de possuir uma melhor imagem e definição, consome menos bateria (MORIMOTO, 2009).

Com relação a hardware e software utilizados em smartphones, serão abordados no capítulo 3.0 e, a seguir aborda-se sobre os principais Sistemas Operacionais (SO) para dispositivos móveis, disponíveis no mercado.

A seguir são apresentadas algumas características dos smartphones, o qual será utilizado neste trabalho como objeto de estudo.

### 2.3 SISTEMAS OPERACIONAIS E ARQUITETURA

No mercado de DM existem diversos SO disponíveis, ao qual se destacam o Symbian, Windows Mobile, iOS e Android.

A Symbian surgiu como uma empresa que fornecia o sistema EPOC que equipava os dispositivos da Psion, empresa que concorria por um espaço no mercado de SO, por volta de 1998. As outras empresas que faziam parte da Symbian eram Nokia, Motorola e Ericsson (SYMBIAN, 2012).

A Psion desenvolveu um SO para alguns dispositivos móveis da época, como por exemplo, o Psion 5 que possui recursos como processamento de texto, planilhas e até mesmo um navegador. O SO se chamava EPOC, mudando de nome e hoje é conhecido como Symbian (MORIMOTO, 2009).

No ano de 2009 a Nokia comprou o Symbian e junto com outras empresas fundaram a Symbian Foundation, onde a partir daí o SO passou a ser de código aberto, reduzindo custos para a fundação. Seu concorrente, o Windows Mobile, é um SO da Microsoft que ao contrário do Symbian, não é aberto.

O Windows Mobile surgiu a partir do SO Windows CE, que também pertence à Microsoft e era destinado a Palms. Com a baixa popularidade dos Palms, a Microsoft lançou o Pocket PC 2000, que era basicamente o Windows CE aperfeiçoado para smartphones, que mais tarde veio a se chamar Windows Mobile (MORIMOTO, 2009).

Uma inovação para os smartphones veio após com a versão 5.0 do Windows Mobile, que permitiu a criação de telefones celulares com baterias que podem ser retiradas do dispositivo, sem que as informações do aparelho sejam perdidas (MORIMOTO, 2009). Atualmente a Microsoft conta com a versão 6 do Windows Mobile, que contem como destaque a tela *mult-touch*.

Figura 1- Interface Windows Mobile.



Fonte: Windows (2012).

Diferentemente dos SO anteriores, o iOS é utilizado apenas em dispositivos da Apple e foi desenvolvido com base no MacOS X (MORIMOTO, 2009).

Mesmo sendo um sistema operacional de alto nível para desktops que foi reinventado para dispositivos móveis, o iOS possui um bom gerenciamento de bateria, reduzindo o consumo de energia (APPLE, 2012).

Apple é uma empresa que fabrica softwares e hardwares, fazendo que tudo funcione de maneira que aproveite o máximo do dispositivo. Alguns destaques deste SO é a interface multi-touch e os processadores gráficos (APPLE, 2012).

Figura 2- Interface do Sistema Operacional iOS da Apple.



Fonte: Apple (2012).

Os DM equipados com SO Android são os que oferecem uma maior gama de alternativas no momento da compra de um DM. O Android é um dos maiores competidores do iOS da Apple, bem como um de seus maiores concorrentes, se não, o maior. Isto acontece devido ao Android conter características semelhantes ao iOS da Apple, com uma interface amigável e fácil de usar (REVISTA PNP, 2011).

Android é uma plataforma utilizada em dispositivos móveis e de código fonte aberto. Foi desenvolvida pela Google em parceria com a *Open Handset Alliance* (OHA). Uma aliança de trinta e quatro empresas com o propósito de trabalhar com todos os processos Móveis, a saber, operadora móvel, fabricante, empresas de semicondutores e microchips, empresas de software, e empresas de comercialização (LECHETA, 2010).

Tabela 1 - Membros da *Open Handset Alliance*

<b>Operadoras Móveis</b>	<b>Empresas de Software</b>	<b>Empresas de Comercialização</b>	<b>Indústria de Semicondutores</b>	<b>Fabricantes de Celulares</b>
China Mobile	Ascender	Aplix	Audience	HTC
China Unicom	Corporation	Noser	Broadcom	LG
KDDI	eBay	Engineering	Corporation	Motorola
Corporation	Esmertec	The Astonishing	Intel Corporation	Samsung
NTT DoCoMo	Google	Tribe	Marvell	Electronics
Sprint Nextel	LivingImage	Wind River	Technology	ASUSTek
T-Mobile	NMS	Systems	Group	Garmin
Telecom Italia	Communications	Omron Software	Nvidia	Huawei
Telefónica	Nuance	Teleca	Corporation	Technologies
Vodafone	Communications		Qualcomm	Sony
Softbank	PacketVideo		SiRF	Ericsson
Ericsson	SkyPop		Technology	Toshiba
	SONiVOX		Holdings	Acer
	Borqs		Synaptics	
			Texas	
			Instruments	
			AKM	
			Semiconductor	
			ARM	
			Atheros	
			Communications	
			EMP	

Fonte: OPEN HANDSET ALLIANCE (2007).

O objetivo desta aliança era de construir uma plataforma única e exclusiva para celulares, visando também à satisfação do consumidor final. Outro objetivo do grupo era de criar uma plataforma moderna e de certa forma flexível para o desenvolvimento de aplicações corporativas (LECHETA, 2010).

Segundo o site da Open Handset Alliance, o Android foi construído desde o início para permitir aos desenvolvedores criar aplicações móveis atraentes e que tire proveito de tudo que um aparelho tem para oferecer. Por exemplo, fazer chamadas, enviar mensagens de texto, ou usar a câmera, permitindo aos desenvolvedores criar experiências mais ricas e mais coesas para os usuários (OPEN HANDSET ALLIANCE, 2007).

O Android é construído sobre o kernel do Linux que é um SO aberto. Além disso, utiliza uma máquina virtual personalizada que foi projetada para aperfeiçoar os recursos de memória e hardware em um ambiente móvel. Android é open source, que pode ser livremente

ampliado para incorporar novas tecnologias de ponta à medida que surgem (OPEN HANDSET ALLIANCE, 2007).

Sua arquitetura é muito flexível, sendo que é possível integrar aplicações nativas com sua aplicação, ou então substituir aplicações nativas, por uma de sua autoria (LECHETA, 2010).

Android facilita a construção de aplicações atuais e inovadoras. Por exemplo, um desenvolvedor pode combinar informações da web com os dados no telefone móvel de um usuário, tais como contatos do usuário ou localização geográfica GPS para fornecer mais experiência ao usuário. Ou então criar um aplicativo que permite aos usuários ver a localização dos seus amigos e ser alertado quando estão na proximidade, dando-lhes uma chance de se conectar (OPEN HANDSET ALLIANCE, 2007).

Figura 3- Interface Android.

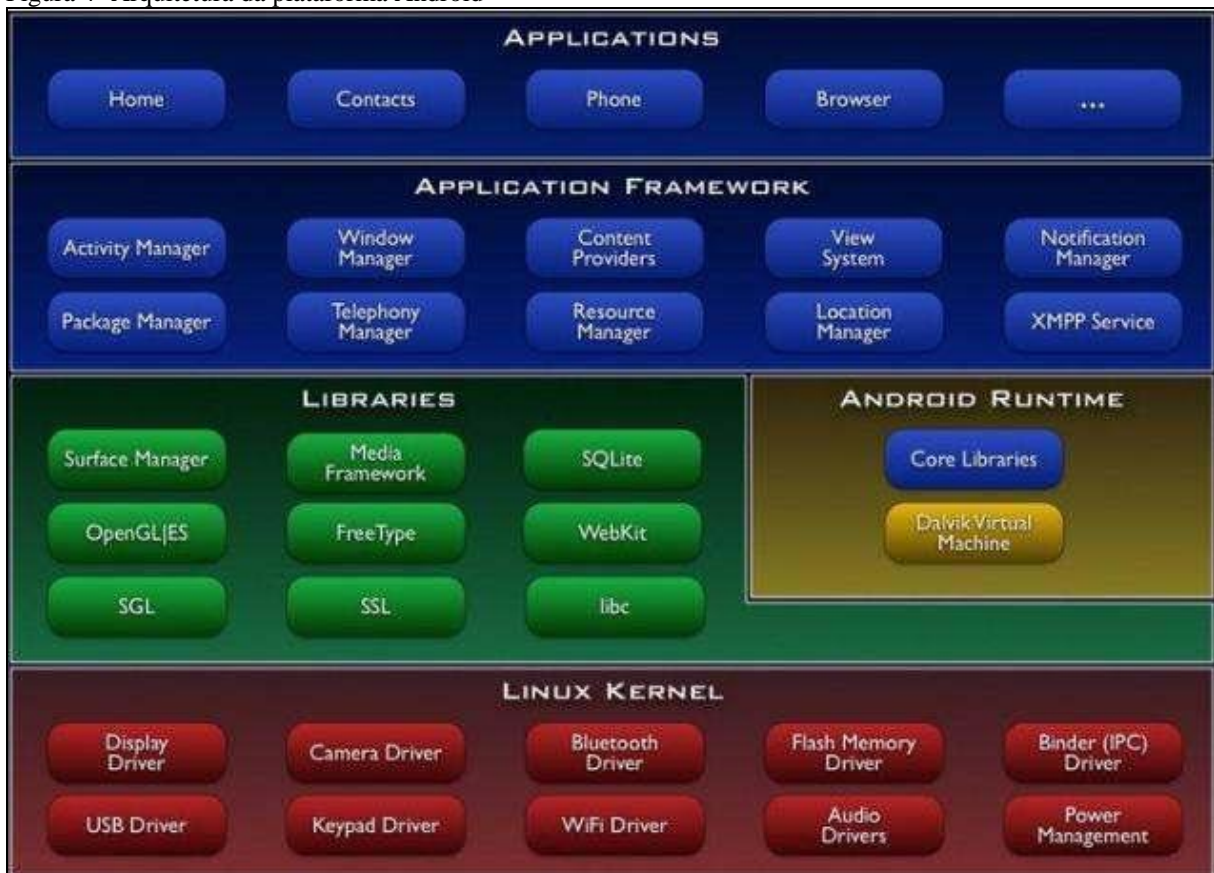


Fonte: Android (2012).

## 2.4 PLATAFORMA ANDROID

A plataforma Android possui sua arquitetura subdividida em quatro camadas: Kernel GNU Linux, bibliotecas, framework para aplicações e as próprias aplicações e também a porção *runtime*, essencial para a execução dos aplicativos. A figura 1 ilustra todas estas camadas e as posições que se encontram (ANDROID, 2012).

Figura 4- Arquitetura da plataforma Android



Fonte: Android (2012).

Seu núcleo é composto pelo kernel GNU Linux 2.6, que é responsável pelo gerenciamento do sistema, tais como, memória, arquivos e processos. Nesta mesma camada encontram-se os drivers de mais baixo nível, que como vemos na figura 4 acima, controla o display, teclado, dispositivos de rede e gerenciamento de energia. A estrutura apresentada até então, formam a base da plataforma, ou seja, ultima camada do SO (ANDROID, 2012).

Em uma camada superior, temos as bibliotecas escritas em C e C++, responsáveis pela parte gráfica do sistema (OpenGL | LS), tais como, multimídia, banco de dados (SQLite) e suporte a browsers. Estas bibliotecas prestam serviços à camada seguinte que pode ser chamada de framework (ANDROID, 2012).

Entre as bibliotecas existe a máquina virtual (MV) Dalvik. Dalvik permite que um dispositivo possa executar várias MV de forma eficiente, otimizando a memória. A MV Dalvik consegue estes resultados, pois se baseia em registradores e não utiliza bytecode Java. O código binário utilizado possui um formato próprio e é gerado a partir do bytecode Java, possuindo algumas simplificações e compactações (ANDROID, 2012).

Avançando um nível acima, na camada de frameworks temos as *Application Programming Interface* (API) de suporte ao desenvolvimento, que simplificam o acesso ao

sistema de localização, de telefonia, de notificações, pacotes de desenvolvimento e outros, ao qual forma a estrutura dos programas do Android.

Por fim, encontra-se a camada de aplicativos básicos do Android, camada esta que é apresentada ao usuário do dispositivo. É nesta camada que o usuário realiza a instalação de aplicativos e personaliza seu dispositivo da maneira que melhor irá atender suas necessidades (ANDROID, 2012).

## 2.5 VISÃO DE MERCADO DOS DISPOSITIVOS MÓVEIS

Segundo Teleco (2012), no 1º trimestre de 2012 foi registrado um aumento de 42,5% com relação a 2011, em números isto significa mais 144,9 milhões de smartphones no mundo, só em 2012.

Em quatro anos, a tendência é que o Brasil seja o quarto país no mercado de smartphones, superando inclusive os Europeus. Em cinco anos o Brasil pode também representar 4,7% de todas as vendas no mundo. Este crescimento não se reflete apenas no Brasil, já que em 2012 estima-se que a China deve superar os Estados Unidos, e se transformar no maior consumidor de smartphones do mundo, com previsão que em 2016 vá consumir 1 de cada 5 smartphones fabricados (CHADE, 2012).

Segundo dados da Anatel (2012), em abril de 2012 o Brasil fechou o mês com quase 253 milhões de linhas ativas na telefonia móvel e em média 129 acessos a cada 100 habitantes. Sendo que os terminais 3G (banda larga móvel) totalizaram 54,3 milhões de acessos.

Um fator importante, que vários analistas de mercado alertam é o custo de cada aparelho e dos serviços oferecidos pelas operadoras, onde os valores devem cair para até 50 dólares. No Brasil, em 2011, pode-se notar uma diferença, pois a queda nos preços foi de até 33% e isso claro estimulou as vendas, tendo um crescimento de 179% com relação a 2010. Em 2011 7,5% dos aparelhos vendidos eram smartphones, já em janeiro de 2012 houve um crescimento, onde 17,9% dos celulares vendidos no Brasil foram smartphones (CHADE, 2012).

Diante da quantidade de smartphones vendidos, surge uma grande diversidade para a escolha do consumidor. A cada ano surgem novos modelos que são comercializados no mercado. Só em Abril de 2012 a Anatel homologou 21 novos modelos de telefones celulares. Segundo dados da Anatel, foram homologados de janeiro a abril de 2012, 67 novos aparelhos celulares, incluindo smartphones, onde em 2011 foram 208 e no total já constam 1392

modelos homologados (ANATEL, 2012).

### 3 COMPONENTES DE SMARTPHONES E SUAS CARACTERÍSTICAS

A crescente necessidade da existência de aplicações que facilitem o dia a dia do usuário fez com que o processamento de informações de smartphones fosse elevado a nível que somente via-se em desktops. A necessidade do avanço das tecnologias de hardwares e softwares, fez com que ainda mais se evidencie o baixo avanço das fontes de energia disponíveis. Estes hardwares e softwares serão mais bem descritos a seguir.

#### 3.1 HARDWARE

Fundada em 1990, com sede em Cambridge, Reino Unido, a ARM Holdings (Fabricante de microprocessadores para dispositivos móveis) tem escritórios em todo o mundo, incluindo centros de design em Taiwan, França, Índia, Suécia e os EUA.

A ARM Holdings oferece produtos como microprocessadores RISC de 32 bits, processadores gráficos, memórias, produtos de conectividade de alta velocidade, periféricos e ferramentas de desenvolvimento. A empresa também oferece serviços de design, suporte, treinamento e manutenção, que oferece um caminho rápido e confiável para o mercado e para empresas de eletrônicos (ARM, 2012).

Alguns dos modelos de processadores produzidos, que seguem abaixo:

- a) cortex-A15 que apresenta soluções de alto desempenho para a próxima geração móvel e sem fio;
- b) cortex-A7 implementações em autônomos, multi-core configurações em 800 MHz - 1,2 GHz de frequência típico, ou em combinação com o Cortex-A15;
- c) cortex-A9 implementações de 800 MHz - 2 GHz típica e entregando 5000 DMIPS (medida mais popular para comparar o desempenho de processadores) de desempenho por núcleo;
- d) cortex-A8 de núcleo único soluções que oferecem baixo custo de alto desempenho de 600 MHz - 1 GHz e mais de 2000 DMIPS de desempenho;
- e) cortex-A5 em implementações de baixo custo de 400 - 800 MHz, fornecendo mais de 1200 DMIPS de desempenho.

Vale ressaltar que os processadores acima não são produzidos por uma única empresa (como no caso dos processadores da Intel), mas sim licenciados e produzidos por outros fabricantes. A ARM apenas é responsável pelo desenvolvimento dos chips e também possui os direitos sobre a arquitetura, mas não produz os processadores, a empresa apenas

licencia os projetos para outros fabricantes. Os fabricantes podem optar por variados tipos de licenças, incluindo a alterações dos chips e inclusão de componentes adicionais (MORIMOTO, 2009).

Atualmente a memória de um smartphone, não pode ser alterada, ou seja, a memória interna é definida pelo fabricante do dispositivo. Inicialmente os smartphones utilizavam memória SRAM como memória de armazenamento e memória ROM como memória de trabalho. Os pontos positivos da memória SRAM é que ela é muito rápida e poderia ser utilizada tanto como memória de armazenamento quanto memória de trabalho, mas como pontos negativos existe o fato de ser uma memória cara, e ainda, era necessária a utilização de uma bateria de backup para manter os dados quando a bateria principal do dispositivo era removida (MORIMOTO, 2009).

Mais futuramente a memória dos smartphones foi migrada para flash, que não necessita de uma bateria de backup para manter os dados armazenados por longo tempo, utilizando memória RAM, SDRAM ou DDR como memória de trabalho e a melhoria flash para armazenamento permanente de dados como imagem e outros (MORIMOTO, 2009)

As memórias SDRAM, em especial, são produzidas para utilizarem tensões mais baixas e precisarem de menos ciclos de refresh, para reduzir o consumo elétrico, mas este tipo de memória é cara e por isso, normalmente os smartphones utilizam apenas 64, 128 ou 256 MB de memória e utilizando também, apenas um chip de memória por módulo (Cartucho de memória), com o objetivo de reduzir o consumo (MORIMOTO, 2009).

Os displays estão ligados diretamente ao consumo de um smartphone, sendo os principais de *Organic Light Emitting Diode* (OLED) e LCD.

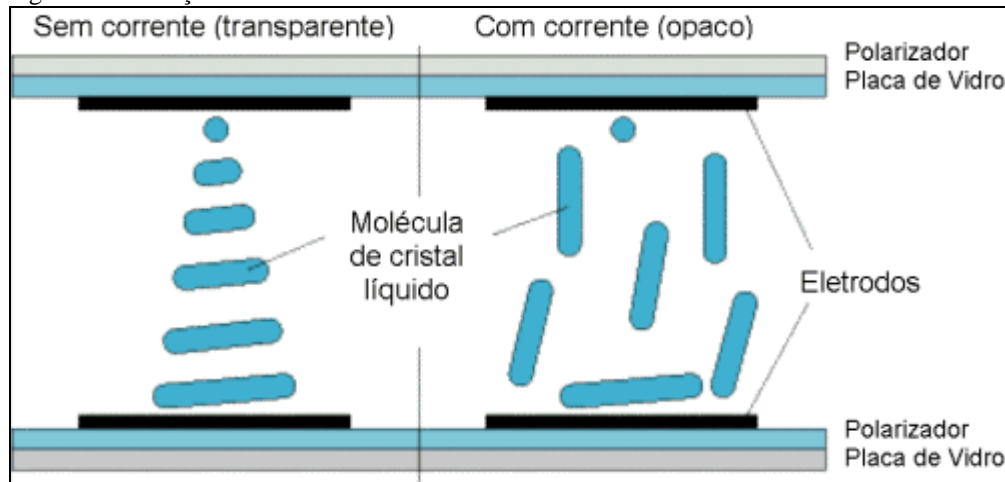
No LCD, nos smartphones, a tela realiza o bloqueio seletivamente da luz emitida por *Light Emitting Diode* (LED). A tela é subdividida em vários pontos e cada um destes pontos é formado por três células de cristal líquido, sendo uma para cada cor primária, que originalmente são transparentes, mas ficam opacas ao receber uma carga elétrica (MORIMOTO, 2009).

Há alguns tipos de cristal líquido, os mais primitivos possuem os estados citados anteriormente, transparente e opaco, em poucas palavras, ou ele está aceso ou está apagado. Já em cristais mais sofisticados, possuem também estados intermediários, que ao aplicar se tensões diferentes, formam os tons de cinza ou as cores (MORIMOTO, 2002).

A tela de LCD é formada por uma camada fina de cristal líquido, que é introduzida entre duas camadas de vidro. Pequenos sulcos nestas placas possuem cada um, um eletrodo ligado a um transistor. Tudo isto é colocado entre duas camadas de elementos

polarizadores. Na parte de traz do display é posta uma fonte de luz, que nos smartphones é composta por LED.

Figura 5- Formação de uma tela LCD.



Fonte: Morimoto (2002).

Os LCD possuem matrizes dispostas de forma passiva e ativa. A de matriz passiva é utilizada em telas menores e monocromáticas, e necessitam de um circuito externo para ativar os pixels individualmente. Este tipo de matriz necessita de um tempo maior para atualização das imagens, possuindo ainda um baixo contraste. Comparando com um monitor CRT, um ponto demora de 15 a 20 milissegundos para mudar de cor, sendo que em LCD de matriz passiva o tempo varia de 150 e 250 milissegundos, o que dá uma desvantagem com relação a utilização de jogos ou tarefas que possuam muito movimento (MORIMOTO, 2002; RODRIGUES, 2009; TAKATOH et al, 2005).

Na matriz ativa é utilizada uma base Thin-Film Transistor (TFT), que é um transistor de película fina que possui camadas semicondutoras e dielétricas, que são colocadas sobre uma camada de vidro, e um capacitor que mantém a carga entre os ciclos de atualização. Nesta matriz cada pixel possui um transistor para acionamento. Esta é a matriz utilizada atualmente, além de serem finos e leves, temos qualidade e tempo de atualização entre 40 e 50 milissegundos, o que possibilita assistirmos um filme com uma boa qualidade, mas ainda se percebe uma dificuldade da tela em jogos que necessitam de uma troca muito rápida de imagens (RODRIGUES, 2009; MORIMOTO, 2002; TAKATOH et al, 2005).

O OLED possui diversos tipos de tecnologias, que serão mais bem destacadas futuramente, mas de maneira geral possuem duas ou três camadas de material orgânico, de maneira que ficam entre o anodo e o catodo, onde na figura 6 a seguir, é ilustrada a estrutura de duas camadas, que é a mais comum. Como as camadas são muito finas, os OLED podem

ser aplicados desde em telas de smartphones, como em um simples plástico flexível (QUIRINO, 2007).

Figura 6- Ilustra a estrutura de um OLED comum.



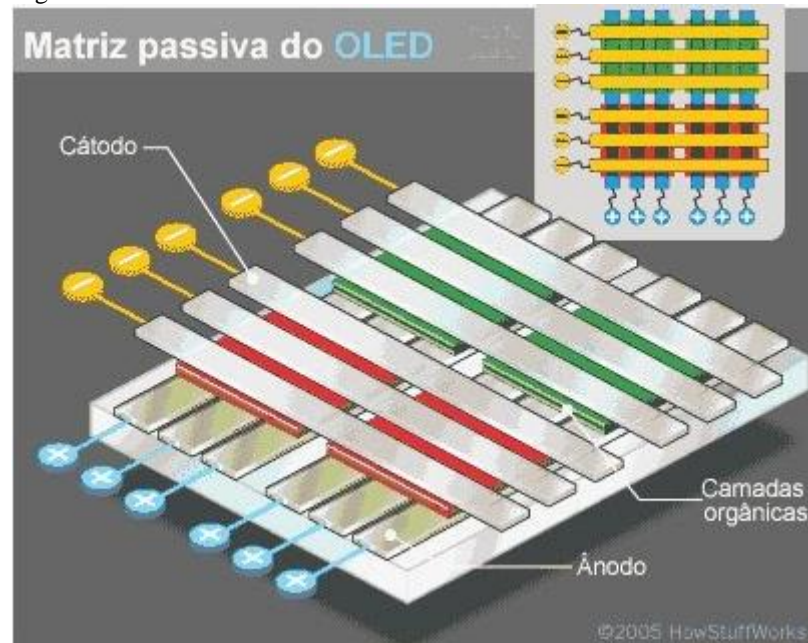
Fonte: Howstuffworks (2005).

As partes de um OLED são: substrato (camada externa, normalmente de plástico ou vidro), ânodo, cátodo e as camadas orgânicas, divididas em condutora e emissora (RODRIGUES, 2009).

Com relação aos OLED, podemos encontrar diversos tipos desta tecnologia, tais como OLED com Matriz Passiva (PMOLED), OLED com Matriz Ativa (AMOLED), OLED Transparente (TOLED), OLED de Emissão Superior (PHOLED), OLED Flexível (FOLED) e White OLED (WOLED).

Os PMOLED são de matriz passiva, são compostas de tiras de cátodo, camadas orgânicas e tiras de ânodo, onde o ânodo é ilustrado na figura a seguir como tiras perpendiculares, às tiras de cátodo. Este cruzamento entre o cátodo e o ânodo formam os pixels, emitindo a luz. Único ponto negativo é que consomem mais energia (RODRIGUES, 2009).

Figura 7- Ilustra a estrutura de um PMOLED.



Fonte: Howstuffworks (2005).

Já os AMOLED, são de matriz ativa, possuem camadas completas de cátodo, moléculas orgânicas e ânodo, ilustrado na figura 8 (RODRIGUES, 2009).

Figura 8- Ilustra a estrutura de um AMOLED.



Fonte: Howstuffworks (2005).

Os OLED são transparentes, como seus componentes que são: substrato, cátodo e ânodo, isto permite que a luz passe tanto do ânodo para o cátodo e vice-versa, isto caracteriza tanto matriz passiva como ativa, conforme figura 9 (UNIVERSAL, 2012).

Figura 9- Ilustra a estrutura de um TOLED.



Fonte: Howstuffworks (2005).

Os FOLED são compostos de lâminas metálicas ou de plásticos flexíveis. Os FOLED são muito leves e sólidos, sendo encontrados em smartphones, reduzindo as quebras, devido a sua flexibilidade (UNIVERSAL, 2012).

Os WOLED emitem luz branca, e são mais eficazes que as lâmpadas comuns no fator iluminação e consumo elétrico, sendo ainda que possuem qualidade de cores, melhor (UNIVERSAL, 2012).

### 3.2 SOFTWARE

Com o avanço das redes de internet, um componente fundamental em um smartphone hoje é o Wi-Fi.

Em 1999, um grupo de pessoas se reuniu e formou uma organização sem fins lucrativos com o objetivo de criar uma rede de alta velocidade local e sem fio. Hoje uma em cada dez pessoas possuem ou usam Wi-Fi, seja em casa ou em outros locais de acesso a internet (WI-FI ALLIANCE, 2012).

O Wi-Fi surgiu para ser usado em redes locais, que interligaria apenas Personal Computer (PC) e notebooks. Já o Bluetooth veio para interligar os demais dispositivos móveis, pois uma conexão Wi-Fi consome muito mais bateria do que uma conexão Bluetooth.

Para termos uma ideia deste consumo, um transmissor Wi-Fi chega a consumir mais de 500 miliwatts quando está ativo, o que corresponde ao consumo total de um smartphone durante uma ligação de voz. Em comparação, o consumo total de um transmissor Bluetooth fica abaixo da casa dos 50 miliwatts (MORIMOTO, 2009).

No entanto, devido à alta procura e popularidade das redes Wi-Fi, os fabricantes tiveram que se esforçar para evoluir esta tecnologia, baixando seu consumo e incluindo nos smartphones as redes Wi-Fi, em vez de utilizar apenas o Bluetooth (MORIMOTO, 2009).

As redes Wi-Fi são tecnologias de rádio testadas sobre o protocolo IEEE 802,11, o que oferece segurança e também uma rápida conexão sem fio. A rede é utilizada para conectar diversos dispositivos eletrônicos, com outro dispositivo ou então, conectar a Internet e redes sem fio que utilizem a tecnologia Ethernet. Redes Wi-Fi trabalham com as bandas de rádio 2,4 e 5 GHz, sendo que alguns produtos podem utilizar as duas bandas, produtos chamados de dual band. Estas bandas são chamadas de "licença livre", sendo que os produtos desenvolvidos que utilizam estas bandas não necessitam de uma licença do governo para operar, diferente das redes de rádio e televisão que necessitam de uma autorização para efetuar as transmissões. Um ponto positivo, é que produtos que utilizam a transmissão de dados via Wi-Fi podem fornecer um desempenho semelhante a uma rede cabeada (WI-FI ALLIANCE, 2012).

A tabela 2 demonstra as gerações existentes até o momento do Wi-Fi, com suas faixas de frequência e quantidade máxima de dados que cada geração suporta trafegar. Desde o surgimento do Wi-Fi, existiram quatro gerações disponíveis e a cada geração foi melhorado o desempenho do produto, incluindo a segurança e adicionadas novas funcionalidades. Cada geração é definida por um conjunto de características que se relacionam com frequência, desempenho e largura de banda (WI-FI ALLIANCE, 2012).

Tabela 2- Gerações de Wi-Fi, com suas faixas de frequência e largura de banda.

<b>Wi-Fi Tecnologia</b>	<b>Faixa de frequência</b>	<b>Largura de banda ou taxa máxima de dados</b>
<b>802.11<sup>a</sup></b>	5 GHz	54 Mbps
<b>802.11b</b>	2,4 GHz	11 Mbps
<b>802.11g</b>	2,4 GHz	54 Mbps
<b>802.11n</b>	2,4 GHz, 5 GHz, 2,4 ou 5 GHz (selecionável), ou 2,4 e 5 GHz (concorrente)	450 Mbps

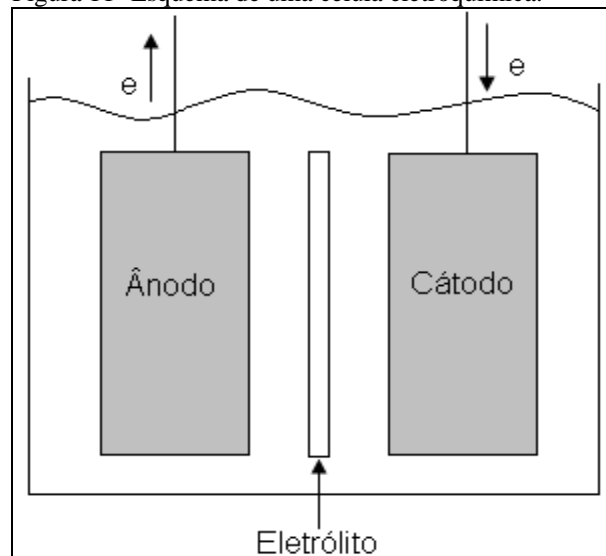
Fonte: Wi-fi.org (2012).

### 3.3 FONTE DE ALIMENTAÇÃO DE SMARTPHONE

As baterias são constituídas por dois eletrodos, o cátodo e o ânodo. Quando é realizada uma descarga de bateria, o ânodo libera elétrons para um circuito externo, que por sua vez, o cátodo aceita estes elétrons (RAKHMATOV; VRUDHULA, 2001).

Segundo Kleveston (2011), as baterias são formadas por uma ou mais células eletroquímicas, que podem ser ligadas em série, paralelo, ou combinando ambas. A partir destas células, a energia química produzida é convertida para energia elétrica, por meio de reações eletroquímicas. Na figura 11, é apresentado o esquema das baterias citadas anteriormente, onde cada célula é formada por dois eletrodos.

Figura 11- Esquema de uma célula eletroquímica.

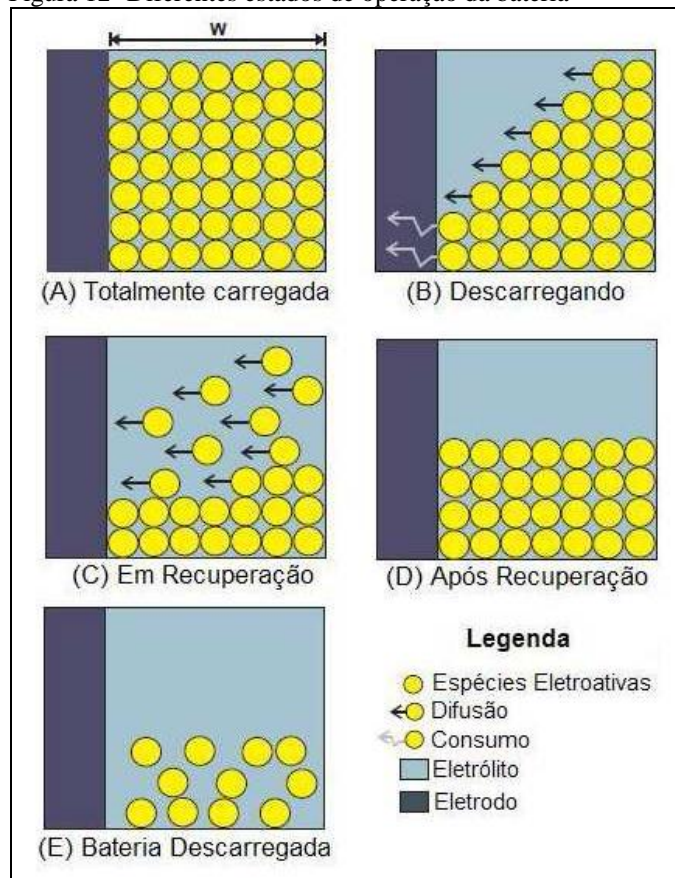


Fonte: Kleveston (2011).

As baterias possuem uma propriedade chamada de força eletromotriz, medida em volts (V); e a capacidade, geralmente medida em ampere-hora (Ah), onde com estas duas propriedades é possível obter a quantidade de energia armazenada nas mesmas (KLEVERSTON, 2010).

Ainda, segundo Kleverston (2010), uma bateria de 100 Ah deveria fornecer cerca de 100 A durante 1 hora, mas na prática isto não acontece, devido as correntes de descarga não serem constantes no tempo e devido suas características não lineares, que influenciam diretamente na durabilidade de uma bateria.

Figura 12- Diferentes estados de operação da bateria



Fonte: Kleveston (2011).

No momento em que a bateria está carregada, as espécies eletroativas se comportam conforme a figura 12 (A). Quando é efetuado um processo de descarga na bateria, o mesmo causa uma redução no número de espécies eletroativas próximas ao eletrodo. Assim as espécies eletroativas não nulas, se formam ao longo do eletrólito, iniciando uma difusão de espécies perto do eletrodo, reequilibrando a concentração de espécies eletroativas, conforme figura 12 (B).

Quando uma bateria se encontra em estado ocioso (Fora de um processo de descarga), as espécies eletroativas se reorganizam e se redistribuem pelo eletrólito, reassumindo um posicionamento homogêneo figura 12 (C e D).

Quando a bateria está em processo de descarga, as espécies eletroativas perto do eletrodo diminuem. À medida que diminui a tensão da bateria também fica menor e para de fornecer carga ao sistema. A bateria não está toda descarregada, mas não consegue mais fornecer energia figura 12 (E) (MINELLI, 2010).

### 3.4 MODELOS DE BATERIAS E SEU FUNCIONAMENTO

Atualmente temos disponíveis no mercado vários tipos de baterias, grandes, pequenas, recarregáveis, que utilizam materiais de Níquel, Lithium e Alcalinas. Mas nos smartphones a preferência é dada pelas pequenas, leves, com maior capacidade de carga, e claro, as que possibilitam vários ciclos de recarga (KLEVESTON, 2011).

Abaixo segue as tecnologias disponíveis para baterias recarregáveis:

- a) **Níquel Cádmio (Ni-Cd):** Esta é uma bateria de baixo custo e de alta descarga, sendo desenvolvida principalmente devido à necessidade de se ter uma fonte de alimentação confiável e recarregável para DM. Porém, este material causa altos danos ao meio ambiente e também ao próprio ser humano, sendo este, um dos motivos de nos últimos anos os fabricantes se esforçarem a encontrar uma fonte menos perigosa ao meio ambiente. Outro ponto negativo deste material é o efeito memória, este é o nome dado ao problema apresentado nas baterias de Ni-Cd, quando recarregadas antes do término de sua carga completa, o chamado popularmente de vício da bateria, onde com o tempo, perde seu poder de carga. (NOCE, 2010);
- b) **Níquel Metal-Hidreto (Ni-MH):** Este material veio para corrigir alguns problemas da bateria de Ni-Cd. Com esta tecnologia os problemas do efeito memória e o dano ao meio ambiente foram amenizados. O ponto positivo desta tecnologia é possuir o dobro de energia das baterias Ni-Cd, mas como ponto negativo, possui vida mais curta, tendo um custo maior e não são eficientes em taxas de descarga intensiva (NOCE, 2010; KLEVERSTON, 2011);
- c) **Lithium-Íon (Li-íon):** São as baterias mais utilizadas atualmente em DM, pois não apresentam alguns problemas como o efeito memória. Sendo ainda que possui um baixo impacto ambiental e uma alta capacidade de armazenamento. Também possuem alguns pontos negativos, como serem mais caras que as baterias Ni-MH e ainda possuir um potencial explosivo quando utilizadas incorretamente, mas por possuir um longo tempo de vida, é atualmente a mais utilizada em DM (NOCE, 2010; KLEVERSTON, 2011);
- d) **Recarregáveis Alcalina:** Possui capacidade de recarga e também uma alta capacidade energética no início de sua vida. Mas com o tempo a densidade

energética é muito afetada, a cada ciclo de recarga estas baterias acabam perdendo sua durabilidade, chegando a decair 75% de sua densidade energética (KLEVERSTON, 2011);

- e) **Lithium Polymer:** Este tipo de bateria tem como grande característica sua espessura, que pode chegar a 1mm. A espessura faz com que a tecnologia seja propícia a DM, devido a seu tamanho que é cada vez mais reduzido. Sendo ainda que a densidade energética e segurança, são melhores. Os contras são os custos de produção altos e também a baixa resistência térmica, estando entre 80 e 120C (KLEVERSTON, 2011).

## 4 MODELOS ANALÍTICOS

Os modelos analíticos são fórmulas matemáticas criadas para auxiliar na previsão do tempo de vida de uma bateria de qualquer espécie. Sendo que existem modelos mais simples que não consideram algumas particularidades no momento da descarga e outros mais complexos e também mais precisos, que possuem uma precisão maior. Abaixo serão apresentados os principais modelos existentes.

### 4.1 MODELO LINEAR

O modelo Linear é descrito pela equação (1).

$$C = C_0 - I \cdot td \quad (1)$$

Esta equação permite calcular a capacidade restante  $C$  de uma bateria, sendo que  $C_0$  é a capacidade no início da operação,  $I$  é a corrente constante de descarga durante a operação, e  $td$  é o tempo de duração da corrente. A capacidade remanescente é calculada sempre que a corrente de descarga for alterada (KLEVESTON, 2011).

Os resultados ao utilizar este modelo não são precisos, pois este é um modelo que não considera os efeitos não-lineares no momento da descarga de uma bateria. Mas por ser de fácil implementação, é um dos modelos mais referenciados na literatura.

### 4.2 LEI DE PEUKERT

A Lei de Peukert consiste em um modelo analítico criado como uma forma de se obter o tempo de vida das baterias baseando-se apenas no comportamento linear de descarga da mesma, não levando em consideração a recuperação da capacidade da bateria em um período de relaxamento, sendo este o período em que a bateria ainda possui carga, mas não é utilizada.

$$L = \frac{a}{I^b} \quad (2)$$

O tempo de vida da bateria, seguindo a Lei de Peukert, pode ser obtido através da equação acima onde  $a$  é igual à capacidade da bateria,  $I$  é a corrente de descarga, e  $b$  é um valor próximo de 1 (RAKHMATOV, 2001).

### 4.3 RAKHMATOV E VRUDHULA

Este é o método que mais se aproxima da realidade, quando comparado a outros modelos para predição do tempo de vida de uma bateria, pois a descarga de energia decorrente no componente é feita de maneira não linear, considerando as variações na descarga (seja por anulação, ou somente redução), sendo considerada uma extensão da Lei de Peukert, o modelo analítico de Rakhmatov e Vrudhula. Este modelo realiza o cálculo de uma bateria considerando as variáveis não lineares no cálculo do tempo de vida das mesmas, como, por exemplo, o efeito de relaxação e o efeito da taxa de capacidade (RAKHMATOV, 2001).

O modelo de Rakhmatov-Vrudhula, procura estimar o tempo de vida de uma bateria de íons de lítio, a partir da equação a seguir, usando dois parâmetros específicos, tais como o parâmetro que está relacionado à capacidade da bateria e o parâmetro que está relacionado ao comportamento não linear da bateria durante os períodos de carga e descarga.

$$\alpha = \sum_{k=1}^n 2I_{k-1}A(L, t_k, t_{k-1}, \beta). \quad (3)$$

Na equação (3)  $I_{k-1}$  é a corrente de descarga durante o período  $k - 1$ . A função  $A$  calcula o impacto do comportamento não linear na descarga da bateria,  $L$  é o tempo de vida da bateria,  $t_k$  é o tempo de duração do período  $k$  e  $t_{k-1}$  é o tempo de duração para o período  $k - 1$  (ATHAYDE, 2011).

## 5 TRABALHOS CORRELATOS

Este capítulo apresenta trabalhos relacionados aos temas descritos nos capítulos anteriores. Os trabalhos são divididos entre coleta dos dados de desempenho da bateria de smartphones, aplicação dos dados em cálculos analíticos lineares (modelo Linear, a Lei de Peukert e o modelo de Rakhmatov-Vrudhula) e posteriormente a exibição dos resultados finais, comparando os modelos analíticos.

### 5.1 MODELOS ANALÍTICOS NA PREDIÇÃO DO TEMPO DE VIDA DE BATERIAS UTILIZADAS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS

Esta dissertação de mestrado foi submetida ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Modelagem Matemática. A autora, Keila Kleveston Schneider, propôs medir os tempos de vida das baterias utilizadas em dispositivos móveis. Neste trabalho foi realizada uma comparação entre três dos mais utilizados modelos analíticos existente, sendo eles o modelo Linear, a Lei de Peukert e o modelo de Rakhmatov-Vrudhula. Os modelos Linear e Lei de Peukert, são os mais simples, e de fácil implementação, mas não consideram os efeitos não lineares de uma bateria. Já o modelo Rakhmatov-Vrudhula, foi proposto neste trabalho devido a ser um modelo mais completo, que considera os efeitos lineares de uma bateria e consegue ilustrar um resultado final mais aproximado do real.

Para implementação destes modelos foi necessária à construção de um ambiente de testes, chamado Testbed. Sendo que os experimentais foram realizados no laboratório do Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC) da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, campus de Ijuí, RS.

Neste trabalho pode-se concluir que o modelo Linear não apresentou resultados satisfatórios, apresentando até mesmo erros na predição do tempo de vida da bateria. Já os demais modelos apresentados anteriormente, apresentaram resultados mais próximos da realidade, com destaque ao modelo Rakhmatov-Vrudhula. Este modelo apresentou um melhor resultado a partir de perfis de descargas mais altos, enquanto o modelo da Lei de Peukert apresentou melhores resultados em correntes baixas.

## 5.2 GERENCIAMENTO INTEGRADO DE ENERGIA E CONTROLE DE TOPOLOGIA EM REDES DE SENSORES SEM FIO

Esta Tese de Doutorado foi submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande - Campus de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica. O autor, Paulo Sérgio Sausen, propôs neste trabalho apresentar duas soluções para otimizar o roteamento, controle de topologia e o consumo de energia em Redes de Sensores Sem Fio (RSSF). A primeira solução inclui duas novas técnicas de Gerenciamento Dinâmico de Energia (GDE), que se refere neste trabalho ao modelo de Rakhmatov-Vrudhula. As técnicas são baseadas na possibilidade de desligar parcialmente, componentes específicos do nó sensor RSSF, a partir do nível de energia residual da bateria a fim de recuperar sua capacidade.

Após a análise dos resultados, concluiu-se que a partir das técnicas de GDE, pode-se aumentar o tempo de vida dos nós sensores RSSF. Já a segunda solução consiste em um mecanismo original de controle de topologia que utiliza a múltipla dominação e em distância na computação de backbones em RSSF, reduzindo o consumo de energia dos pacotes transmitidos na rede. Ambas as técnicas foram satisfatórias, e foram aplicadas com base no simulador de testes Network Simulator (NS-2).

## 5.3 UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS MATLAB E SIMULINK PARA A PREDIÇÃO DO TEMPO DE VIDA DE BATERIAS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado ao Curso de Sistemas de Informação do Departamento de Tecnologia (DeTec), da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), como requisito para a obtenção do título Bacharel em Informática - Sistemas de Informação. O autor Leonardo Minelli propôs neste trabalho verificar a capacidade das baterias como fonte de energia secundária. Defendendo que para o usuário obter um melhor ganho no desempenho da bateria de um dispositivo móvel, os fabricantes devem utilizar de materiais de maior qualidade e pureza, sendo ainda, que o usuário deve utilizar o dispositivo de modo que consuma o mínimo de energia, a partir de chamadas de curta duração. O autor indica ainda, que os aparelhos normalmente possuem softwares que ajudam a otimizar o tempo de vida da bateria, mas que nem sempre possuem uma precisão aceitável.

Para que os resultados saiam o mais próximos da realidade, este trabalho utiliza-se dos softwares de simulações matemáticas MATLAB e SIMULINK. Somado com esse estudo teórico, o trabalho proposto realiza um experimento com uma bateria modelo BL-5F, presente no telefone celular Nokia N95, exibindo os resultados obtidos.

Após todos os testes, chegou-se a conclusão de que os testes relacionados ao software Power Battery (Software de controle da bateria em dispositivos móveis), em conjunto com os resultados obtidos nos softwares MATLAB e SIMULINK, resultou-se em um baixo percentual de erros. Chegando a conclusão de que o software Power Battery disponível em diversos dispositivos móveis, é confiável em relação a seus diagnósticos.

## 6 TESTES E RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo serão apresentados os testes efetuados com uma bateria de um dispositivo móvel com SO Android, bem como os resultados obtidos. Também serão apresentados os equipamentos utilizados e o ambiente de testes que possibilitou o alcance do objetivo principal deste trabalho de conclusão de curso.

### 6.1 AMBIENTE DE TESTES

#### 6.1.1 DISPOSITIVO MÓVEL SPICE XT300

O smartphone Spice XT300 é produzido pela empresa Motorola, que é uma empresa tradicional no mercado de dispositivos móveis. Este dispositivo foi escolhido pelo fato de ser produzido e comercializado com o SO Android, sendo também um aparelho que fornece uma boa quantidade de recursos e aplicativos que serão utilizados para avaliar o comportamento da bateria durante a utilização dos mesmos, tais como, Wi-fi, GPS e tela *Touch Screen*. Outro fator para a escolha do dispositivo é sua popularidade entre os dispositivos da Motorola e seu valor aceitável no mercado (MOTOROLA, 2012).

#### 6.1.2 BATERIA BT50

A bateria BT50 foi escolhida em virtude de ser o modelo disponibilizado de fábrica junto com o smartphone SpiceXT-300 e por possuir uma característica muito similar aos dos demais smartphones produzidos. Abaixo estão especificadas as características técnicas da bateria:

Tabela 3- Atributos e valores da bateria BT50.

<b>Atributo</b>	<b>Valor</b>
Tipo da bateria	Lítio-íon
Tensão Nominal	3.7V
Tensão com carga completa	4.08V
Capacidade	850mAh

Fonte: Motorola (2012)

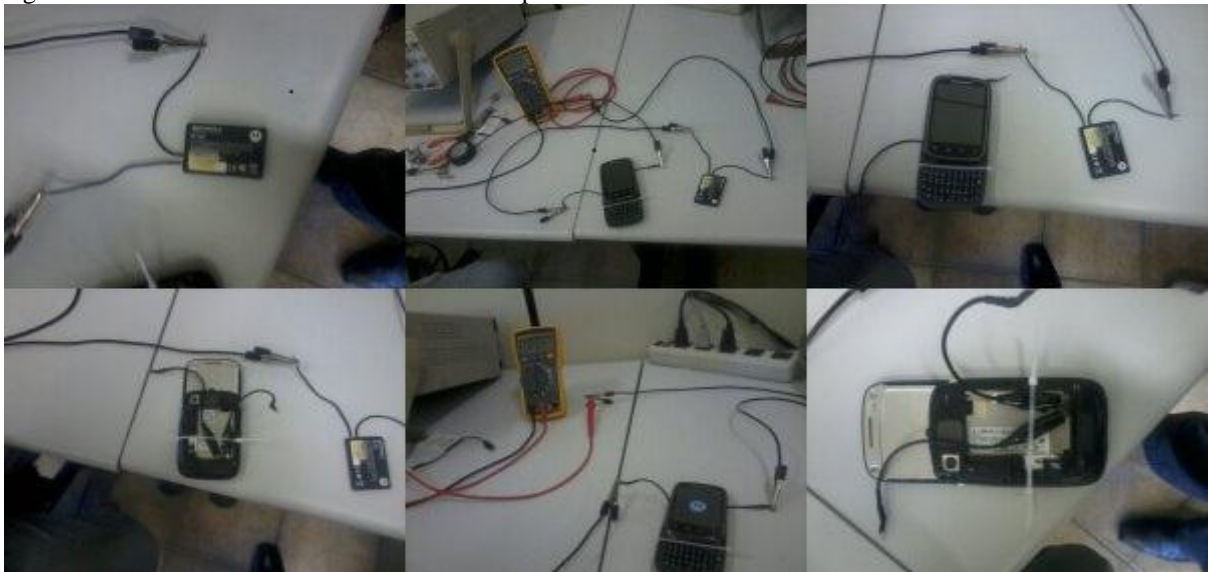
### 6.1.3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para os testes iniciais de descarga de uma bateria por completo, foi iniciar o processo com uma bateria nova e com um primeiro ciclo de carga no período de 12 horas, evitando qualquer desgaste que uma bateria já utilizada por vários ciclos pode possuir. Vale ressaltar que esta carga foi efetuada por um carregador universal, permitindo que a bateria fosse carregada sem que esteja sendo utilizada pelo DM, permitindo que a bateria esteja totalmente carregada.

Inicialmente certificou-se que a bateria possuía sua carga por completo, deixando a mesma em um processo de carga por uma hora, mesmo após o ciclo de 12 horas descrito anteriormente. Em seguida, a bateria é desconectada da fonte de carga e então, é iniciado o processo de descarga da bateria, simulando o gasto médio de um Dispositivo Móvel, conectando a mesma em uma fonte que irá consumir a carga da bateria.

Para os testes adicionais realizados, a fim de verificar a quantidade de carga que os principais aplicativos dos DM utilizados diariamente consomem, adotamos o mesmo padrão descrito anteriormente, porém, não realizamos o carregamento total da bateria a cada novo aplicativo testado, devido a não ser necessário possuir a bateria com a carga por completo para se obter o consumo médio de cada aplicação. Em ambos os testes acima efetuados, utilizamos um multímetro para coleta dos dados, sendo eles, a corrente de descarga e a carga inicial da bateria. Segue abaixo uma imagem demonstrando o processo efetuado.

Figura13- Processos efetuados nos testes do comportamento da bateria



Fonte: Do autor.

## 6.2 RESULTADOS OBTIDOS

### 6.2.1 VALORES DE CORRENTES DE CARGA UTILIZANDO APLICATIVOS DO DISPOSITIVO MÓVEL

Visando avaliar o comportamento da bateria BT50, simulando um usuário casual com seu Smartphone, foram medidas a quantidade de carga gasta em mAs de algumas das mais utilizadas rotinas e aplicações do aparelho. Conforme descrito no subcapítulo anterior, para que fosse possível medir a quantidade de carga gasta de cada aplicativo, foi conectado o Smartphone a um multímetro comum, utilizado por diversos profissionais de eletroeletrônica, sendo que a metodologia utilizada foi descrita anteriormente e que os valores demonstrados na tabela 4 foram obtidos com o monitoramento de 1 minuto efetuando cada rotina.

A partir do pressuposto acima, foram obtidos os resultados ilustrados na tabela 4.

Tabela 4- Valores obtidos nos testes de comportamento da bateria.

Rotinas	Valores gastos
Celular ligando	170 mAs
Celular ocioso com display desligado	2 a 7 mAs
Display aceso	200 mAs
Em uma chamada	200 a 250 mAs
Em uma chamada e em conversação	250 a 300 mAs
Navegando com a tela Touch	250 a 300 mAs
Em modo avião (Desabilita todas as conexões de rede)	200 mAs
Acessando internet Wi-Fi	400 a 500 mAs

Fonte: Do autor.

### 6.2.2 RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO MODELO LINEAR

Conforme descrito no capítulo 4.1 o modelo Linear permite calcular a capacidade restante  $C$  de uma bateria, sendo que  $C_0$  é a capacidade no início da operação,  $I$  é a corrente constante de descarga durante a operação, e  $t_d$  é o tempo de duração da corrente.

Para aplicarmos o cálculo coletamos os três parâmetros necessários indicados anteriormente, sendo que  $C_0$  é 850mAh,  $I$  é 104mAs (corrente utilizada nos testes de descarga da bateria) e  $t_d$  é o tempo da medição, ao qual utilizamos os 10 primeiros minutos da descarga a 104mAs.

Para realizar o cálculo, foi convertido o valor 850 de Mille Ampere Hora para Mille Ampere Segundo, já que o valor 104 está em segundos. Também foi convertido o valor 10 minutos, para segundos, conforme tabela 5.

Tabela 5- Conversões de valores mAh para mAs

<b>Valor antes da conversão</b>	<b>Valor após a conversão</b>
850mAh	3060000mAs
10min	600s

Fonte: Do autor

Aplicando o cálculo (4), obtivemos como resultado o valor  $C = 2997600\text{mAs}$ .

$$C = 3060000 - (104 \cdot 600)$$

$$C = 3060000 - 62400 \quad (4)$$

$$C = 2997600\text{mAs}$$

Como o resultado foi obtido em Mille Ampere Segundo, o mesmo foi convertido novamente para Mille Ampere Hora, conforme tabela 6.

Tabela 6- Conversões de valores mAs para mAh

<b>Valor antes da conversão</b>	<b>Valor após a conversão</b>
2997600mAs	832.66mAh

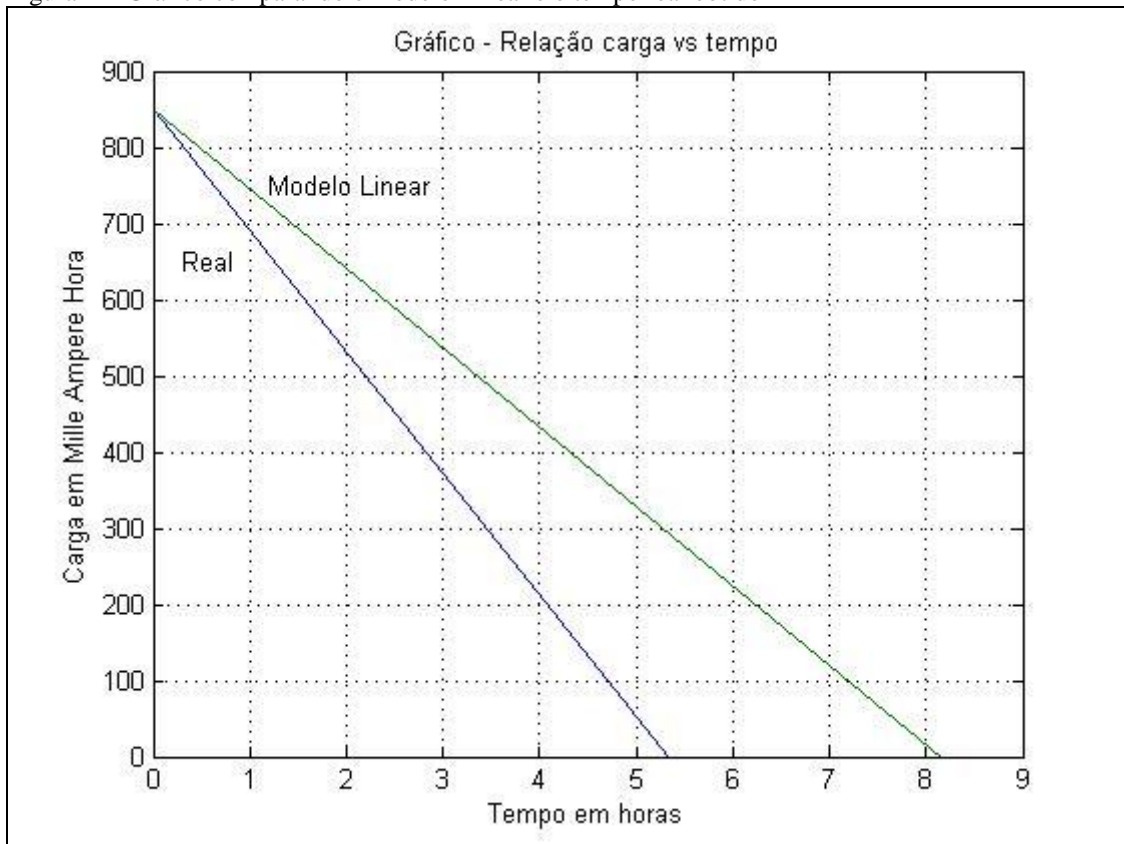
Fonte: Do autor

O valor 832.66mAh significa a carga remanescente na bateria após 10 minutos de descarga a uma corrente de 104mAs. Para obter o tempo que a bateria levaria para ser totalmente descarregada, aplicou-se o cálculo (5).

$$T = 850 - 832.66 = 17.34 \quad (5)$$

Sendo que o valor obtido significa que aproximadamente 10 minutos de descarga, diminuem 17.34mAh do total da bateria. Então para obter o tempo, foi realizada a divisão do total 850mAh por 17.34mAh, resultando em 49.01 que multiplicado por 10 minutos é igual a 490,01 minutos, que dividindo por 60 minutos, equivale a 8.16, ou seja, 8 horas e 16 minutos. No gráfico 14 comparamos o tempo obtido pelo cálculo do modelo Linear e o tempo real obtido.

Figura 14- Gráfico comparando o modelo Linear e o tempo real obtido



Fonte: Do autor

A partir destes cálculos, estima-se que a descarga da bateria levasse aproximadamente 8 horas e 16 minutos, porém, a descarga completa da bateria resultou no tempo de aproximadamente 5 horas e 35 minutos, ao qual se pressupõem que as variações de corrente no momento da descarga da bateria, influenciaram diretamente no resultado obtido, mas que será mais bem descrito no capítulo a seguir.

## 7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho de conclusão de curso teve por objetivo principal realizar um estudo sobre o comportamento da bateria em um dispositivo móvel com Sistema Operacional Android, utilizando também o Modelo Analítico Linear para prever o tempo de vida de uma bateria.

Conclui-se que a realidade atual dos dispositivos móveis é de sucesso. Sendo que é difícil encontrar pessoas que não possuam ou não desejam possuir um dispositivo móvel. Visto que para muitos se torna uma ferramenta fundamental para trabalho e lazer, facilitando o dia a dia no mundo. Porém, ainda enfrenta-se diariamente o grande vilão dos dispositivos móveis, que é o tempo que o aparelho permanece ativo com todas as suas funcionalidades operantes, sem que seja necessário conectá-lo a uma fonte externa de energia. Pois a partir do momento que um dispositivo necessita de conexão constante a uma fonte de energia externa, menos ele se torna móvel, fazendo com que o desinteresse por este aparelho seja muito grande, já que a principal função de um dispositivo móvel é de realmente ser móvel, possibilitando ser levado para qualquer local.

Com esta pesquisa, pode-se concluir que ainda existe um déficit muito grande de pesquisas no setor de baterias, quando comparados à evolução dos dispositivos móveis e suas funcionalidades.

Outro objetivo alcançado neste trabalho foi de realizar testes com os principais aplicativos do Smartphone. Pode-se observar que existe uma variação muito grande entre as funcionalidades do dispositivo móvel XT-300 com Sistema Operacional Android. Visto que o Wi-Fi e o display de LCD foram os grandes vilões do aparelho nos testes realizados, consumindo juntos cerca de 600mAs, que é uma quantidade de carga muito elevada, se compararmos que o celular ocioso e com o display desligado consome apenas de 2 a 7 mAs.

Ainda avaliando o comportamento da bateria, foi aplicado o Modelo Analítico Linear após os testes de descarga por completo da bateria BT50 presente no dispositivo móvel XT-300 da Motorola, onde se concluiu que este modelo Linear por não considerar os efeitos não lineares da bateria e também as variações de temperatura, está sujeito a grandes erros na previsão do tempo de vida da mesma, pois se baseando no resultado obtido através do cálculo, a bateria teria que durar aproximadamente mais 2 horas e 42 minutos, sendo que o cálculo previu 8 horas e 16 minutos e o tempo real obtido foi de 5 horas e 35 minutos aproximados. Desta forma o objetivo de aplicar o modelo Linear em uma descarga de bateria foi atingido;

porém devido ao modelo não considerar os efeitos não lineares, o resultado final não foi o esperado.

A partir do pressuposto, indica-se como uma possível continuação deste trabalho, realizar testes com o modelo de Rakhmatov-Vrudhula que considera os efeitos lineares e não lineares de uma corrente na descarga de bateria, a fim de se conseguir uma predição do tempo de vida da bateria mais aproximado.

Neste documento foi identificado que o display é um dos hardwares que mais consome energia da bateria no dispositivo, desta forma pode-se comparar o desempenho da bateria de outros dispositivos móveis, com telas de outros tamanhos e tipos, tais como LED, Plasma e os demais displays apresentados neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

AMR. Disponível em: <[www.arm.com](http://www.arm.com)>. Acesso em 09/05/2012.

ANATEL, Agência Nacional de Telecomunicações. Disponível em: <[www.anatel.gov.br](http://www.anatel.gov.br)> Acesso em 20/05/2012.

ANDROID. **WHAT IS ANDROID**. 2009. Disponível em: <[www.android.com/about](http://www.android.com/about)>. Acesso em: 09/11/2011.

APPLE. Disponível em: <[www.apple.com/br](http://www.apple.com/br)>. Acesso em 15/05/2012.

ATHAYDE, José Torres Costa Neto. **ANÁLISE DE PROTOCOLOS DE ROTEAMENTO UNICAST EM REDES AD HOC MÓVEIS BASEADA EM UM MODELO REALÍSTICO DE BATERIA**. Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Engenharia Elétrica e Informática. Coordenação de Pós-Graduação em Ciência da Computação. Disponível em: <[http://www.dsc.ufcg.edu.br/~wdcopin/IXWDCOPIN/wdcopin\\_rcsd07.pdf](http://www.dsc.ufcg.edu.br/~wdcopin/IXWDCOPIN/wdcopin_rcsd07.pdf)>. Acesso em: 15/05/2012.

BEATRYS, Linnyer Ruiz et al. **ARQUITETURAS PARA REDES DE SENSORES SEM FIO**. Departamento de Ciência da Computação da UFMG, Departamento de Informática da PUCPR, Departamento de Ciência da Computação da UFLA, Departamento de Engenharia Elétrica da UFMG. 2004 Disponível em: <<http://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/publications/04mc-sbrc.pdf>> Acesso em: 05/05/2012.

BRASIL, Symbian. Disponível em: <[www.symbianbrasil.com](http://www.symbianbrasil.com)>. Acesso em 14/05/2012.

CAMBRIDGE, University. **MATLAB**. Disponível em: <[www.eng.cam.ac.uk/help/tpl/programs/matlab.html](http://www.eng.cam.ac.uk/help/tpl/programs/matlab.html)>. Acesso em: 27/11/2011.

CATALAN, Vanessa Menezes. et al. **SISTEMA NAS: NURSING ACTIVITIES SCORE EM TECNOLOGIA MÓVEL**. Rev Esc Enferm USP(REEUSP), 2011. Disponível em: <[www.ee.usp.br/culturaeextensao/evento/NAS/21.pdf](http://www.ee.usp.br/culturaeextensao/evento/NAS/21.pdf)>. Acesso em: 19/05/2012.

CHADE, Jamil. **TITULO??** Disponível em: <[www.estadao.com.br/noticias/impreso,brasil-sera-4-em--venda-de-smartphone-em-4-anos-diz-estudo-,849158,0.htm](http://www.estadao.com.br/noticias/impreso,brasil-sera-4-em--venda-de-smartphone-em-4-anos-diz-estudo-,849158,0.htm)>. Jornal O Estadão. Acesso em 20/05/2012.

E-COMMERCE NEWS. **TRANSAÇÕES EM DISPOSITIVOS MÓVEIS DEVEM MOVIMENTAR US\$ 240 BILHÕES NO MUNDO EM 2011**. Disponível em: <[www.ecommercenews.com.br/noticias/pesquisas-noticias/transacoes-em-dispositivos-moveis-devem-chegar-a-us-240-bilhoes-no-mundo-em-2011](http://www.ecommercenews.com.br/noticias/pesquisas-noticias/transacoes-em-dispositivos-moveis-devem-chegar-a-us-240-bilhoes-no-mundo-em-2011)> Acesso em: 20/10/2011.

FERREIRA, Paulo H. de O. **NOTÍCIAS NO CELULAR: UMA INTRODUÇÃO AO TEMA**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciências da Comunicação, Universidade de São Paulo, São Paulo, BR. Disponível em: <[www.nosdacomunicacao.com/pdf/ph\\_ferreira\\_eca\\_usp.pdf](http://www.nosdacomunicacao.com/pdf/ph_ferreira_eca_usp.pdf)>. Acesso em: 20/12/2011.

FIGUEIREDO, Carlos. NAKAMURA, Eduardo. **COMPUTAÇÃO MÓVEL: NOVAS OPORTUNIDADES E NOVOS DESAFIOS**. T&C Amazônia, Ano 1, nº 2, Junho de 2003. Disponível em: <[www.fucapi.br/tec/imagens/revistas/ed02\\_04.pdf](http://www.fucapi.br/tec/imagens/revistas/ed02_04.pdf)>. Acesso em: 15/12/2011.

HOWSTUFFWORKS. Disponível em: <<http://www.howstuffworks.com/>>. Acesso em: 24/05/2012.

SCHNEIDER, Keila. Kleveston. **MODELOS ANALÍTICOS NA PREDIÇÃO DO TEMPO DE VIDA DE BATERIAS UTILIZADAS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS**. 2011. Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <[www.bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/263/Dissertacao%20Keila%20Kleveston%20Schneider.pdf?sequence=1](http://www.bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/263/Dissertacao%20Keila%20Kleveston%20Schneider.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 07/11/2011.

SCHNEIDER, Keila. Kleveston, SAUSEN, Paulo. SAUSEN, Airam. **ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS ANALÍTICOS PARA PREDIÇÃO DO TEMPO DE VIDA DE BATERIAS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS**. 9th Conference on Dynamics, Control and their Applications, 2010. Disponível em: <[www.sbmac.org.br/dincon/trabalhos/PDF/optimization/68875.pdf](http://www.sbmac.org.br/dincon/trabalhos/PDF/optimization/68875.pdf)>. Acesso em: 07/11/2011.

LAHIRI, Kanishka et al. **BATTERY-DRIVEN SYSTEM DESIGN: A NEW FRONTIER IN LOW POWER DESIGN**. January 2002. Disponível em: <<http://esdat.ucsd.edu/~klahiri/papers/vlsi02.pdf>> Acesso em: 14/12/2011.

LECHETA, Ricardo R. **GOOGLE ANDROID: APRENDA A CRIAR APLICAÇÕES PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS COM O ANDROID SDK**. 2ª ed. São Paulo: Novatec, 2010.

MICROSOFT. Disponível em: <[www.microsoft.com](http://www.microsoft.com)>. Acesso em 15/05/2012.

MINNELI, Leonardo. **UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS MATLAB E SIMULINK PARA A PREDIÇÃO DO TEMPO DE VIDA DE BATERIAS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS**. 2010. UNIJUI - DETEC – departamento de tecnologia. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/613>>. Acesso em: 07/06/2012.

MORIMOTO, Carlos E. **HARDWARE MANUAL COMPLETO**. 2002. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/livros/hardware-manual/>>. Acesso em: 11/04/2012.

MORIMOTO, Carlos E. SMARTPHONES: BATERIAS E AUTONOMIA. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/dicas/smartphones-baterias-autonomia.html>>. Acesso em: 27/11/2011.

MORIMOTO, Carlos E. **SMARTPHONES GUIA PRÁTICO**. GDH Press e Sul Editores. 2009. 432 p. Disponível em: <<http://www.hardware.com.br/livros/smartphones/>>. Acesso em: 11/04/2012.

NOCE, Toshizaemom. **ESTUDO DO FUNCIONAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS E CONTRIBUIÇÕES AO SEU APERFEIÇOAMENTO**. 2009. Dissertação (Pós Graduação) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica De Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <[www.mea.pucminas.br/dissert/toshiNoce.pdf](http://www.mea.pucminas.br/dissert/toshiNoce.pdf)>. Acesso em: 29/05/2012.

GLOBO. BATERIA É CALCANHAR DE AQUILES NO MUNDO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS: CONSUMO MAIS QUE DOBRARÁ EM 10 ANOS. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/tecnologia/mat/2011/06/12/bateria-calcanhar-de-aquiles-no-mundo-de-dispositivos-moveis-consumo-mais-que-dobrara-em-10-anos-924667766.asp>>. Acesso em: 24/10/2011.

OLIVEIRA, Luciana Pereira. **DISPOSITIVOS MÓVEIS E AS REDES PEER-TO-PEER (P2P)**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, BR. Disponível em: <<http://www.cin.ufpe.br/~tg/2005-1/lpo.pdf>>. Acesso em: 02/11/2011.

OLIVEIRA, Eude C. **MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS E HÍBRIDOS**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. Disponível em: <[http://www.automotiva-poliusp.org.br/mest/banc/tcc\\_visu.asp?numero=68](http://www.automotiva-poliusp.org.br/mest/banc/tcc_visu.asp?numero=68)>. Acesso em: 02/06/2012

OPEN HANDSET ALLIANCE. Disponível em: <[http://www.openhandsetalliance.com/android\\_overview.html](http://www.openhandsetalliance.com/android_overview.html)>. Acesso em 17/04/2012.

PEÑA, Judit Balaguero. **INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIONES, ESPECIALIDADE TELEMÁTICA. ESTUDIO DE LA PLATAFORMA ANDROID**. 2008. Disponível em:<[www.pt.scribd.com/doc/89538539/Trabajo-Investigativo-Sobre-Android](http://www.pt.scribd.com/doc/89538539/Trabajo-Investigativo-Sobre-Android)>. Acesso em: 22/11/2012

PRETTO, Carlos O. et al . **UTILIZAÇÃO DE COMPUTAÇÃO MÓVEL PARA QUALIFICAÇÃO DE ROTINAS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO**. Sba Controle & Automação, Campinas, v. 17, n. 4, Dec. 2006 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010317592006000400006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010317592006000400006&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 03/05/2012.

PROENÇA, Patrícia Aparecida. **SISBDR: SISTEMA DE ACESSO A DIFERENTES BASES DE DADOS REMOTAS UTILIZANDO TECNOLOGIA MÓVEL.** 2007.

Monografia – Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, BR. Disponível

em: <[http://www.bcc.ufla.br/monografias/2006/Sisbdr\\_sistema\\_de\\_acesso\\_a\\_diferentes\\_bases\\_de\\_dados\\_remotas\\_utilizando\\_tecnologia\\_movel.pdf](http://www.bcc.ufla.br/monografias/2006/Sisbdr_sistema_de_acesso_a_diferentes_bases_de_dados_remotas_utilizando_tecnologia_movel.pdf)>. Acesso em: 02/11/2011.

QUIRINO, Welber Gianini. **PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS ORGÂNICOS ELETROLUMINESCENTES (OLEDs) BASEADOS EM COMPLEXOS B-DICETONATOS DE TERRAS-RARAS.** Tese de Doutorado em Física – Departamento de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

Disponível em: < [http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/Busca\\_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=10657@1](http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=10657@1)>. Acesso em: 09/05/2012

RAKHMATOV, D., VRUDHULA S.. “AN ANALYTICAL HIGH-LEVEL BATTERY MODEL FOR USE IN ENERGY MANAGEMENT OF PORTABLE ELECTRONIC SYSTEMS” National Science Foundation’s State/Industry/University Cooperative Research Centers’ (NSFS/IUCRC) Center for Low Power Electronics (CLPE), 2001. Disponível em: <[http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CE4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fciteseerx.ist.psu.edu%2Fviewdoc%2Fdownload%3Fdoi%3D10.1.1.108.6008%26rep%3Drep1%26type%3Dpdf&ei=FYfqT6zyMoSB6gH5u7XmBQ&usg=AFQjCNFwj\\_kqLTZCnAaTAR2mz2gwGT7bBg&sig2=oDzNwNXVWn8KFUVPgwdTzQ](http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CE4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fciteseerx.ist.psu.edu%2Fviewdoc%2Fdownload%3Fdoi%3D10.1.1.108.6008%26rep%3Drep1%26type%3Dpdf&ei=FYfqT6zyMoSB6gH5u7XmBQ&usg=AFQjCNFwj_kqLTZCnAaTAR2mz2gwGT7bBg&sig2=oDzNwNXVWn8KFUVPgwdTzQ)>. Acesso em: 16/11/2011.

REVISTA PNP. **PRÓS E CONTRAS DOS COMPUTADORES NO FORMATO “TABLET” (IGUAL AO IPAD).** Disponível em:

<<http://www.revistapnp.com.br/conteudo.php?Cod=385>>. Acessado em 17/04/2012.

REZENDE, Lucas Tedeschi. **Conheça melhor os processadores para tablets e smartphones. Manual da Tecnologia.** 2012. Disponível em:

<<http://manualdatecnologia.com/tecnologia/conheca-melhor-os-processadores-para-tablets-e-smartphones>>. Acessado em 09/05/2012.

ROCHA, Michelle E. C.. **TELEFONIA MÓVEL: CELULARES DE 3ª GERAÇÃO.** 2007. Curso de Especialização em Redes de Computadores e Comunicação de Dados, Universidade Estadual de Londrina. Disponível em: <<http://www2.dc.uel.br/nourau/document/?down=553>>. Acesso em: 03/10/2011.

RODRIGUES, Guilherme. **SMARTPHONES E SUAS TECNOLOGIAS.** Trabalho de conclusão de curso. Curso de Engenharia Elétrica com Ênfase em Eletrônica. Universidade de São Paulo. Disponível em: < <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180450/tce-23042010-094332/>>. Acesso em: 17/06/2012

SAUSEN, Paulo Sergio. **GERENCIAMENTO INTEGRADO DE ENERGIA E CONTROLE DE TOPOLOGIA EM REDES DE SENSORES SEM FIO.** Universidade Federal de Campina Grande, Brasil. 2008. Disponível em: <

[http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select\\_action=&co\\_obra=116589](http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=116589)>. Acesso em: 05/06/2012

SCALIONE, Silas. EVOLUÇÃO DOS DISPOSITIVOS MÓVEIS CONTRIBUI PARA O FIM DO DESKTOP. Disponível em:

<[www.em.com.br/app/noticia/tecnologia/2011/03/24/interna\\_tecnologia,217314/e-o-fim-da-era-dos-pcs.shtml](http://www.em.com.br/app/noticia/tecnologia/2011/03/24/interna_tecnologia,217314/e-o-fim-da-era-dos-pcs.shtml)>. Acesso em: 24/10/2011.

SIQUEIRA, Ethevaldo. MUNDO TERÁ 55 BILHÕES DE DISPOSITIVOS MÓVEIS EM 2020. Disponível em: <<http://blogs.estadao.com.br/ethevaldo-siqueira/2011/02/21/55-bilhoes-de-dispositivos-moveis/>>. Acesso em: 20/10/2011.

SMAAL, Bruna. ANDROID: O SISTEMA OPERACIONAL MÓVEL QUE CONQUISTOU O MUNDO. Disponível em: <[www.tecmundo.com.br/infografico/9010-android-o-sistema-operacional-movel-que-conquistou-o-mundo.htm](http://www.tecmundo.com.br/infografico/9010-android-o-sistema-operacional-movel-que-conquistou-o-mundo.htm)>. Acesso em: 24/10/2011.

TELECO, Inteligência em Telecomunicações. **SMARTPHONE**. Disponível em: <[www.teleco.com.br/smartphone.asp](http://www.teleco.com.br/smartphone.asp)>. Acesso em 20/05/2012.

TERRA. SMARTPHONES E TABLETS TÊM 10% DO ACESSO À INTERNET NO MUNDO. Disponível em: <<http://tecnologia.terra.com.br/noticias/0,,OI5762803-EI12884,00-Smartphones+e+tablets+tem+do+acesso+a+internet+no+mundo.html>> Acesso em 20/05/2012.

UNIVERSAL DISPLAY CORPORATION. Disponível em: <<http://www.universaldisplay.com/>>. Acesso em: 24/05/2012.

VINÍCIUS, Sérgio. **DO 'TIJOLÃO' AO PESO-PENA, VEJA A DIETA DOS CELULARES NO DECORRER DOS ANOS**. Disponível em: <<http://tecnologia.uol.com.br/produtos/ultnot/2008/06/17/ult2880u700.jhtm>>. Acesso em 20/05/2012.

VITORINO, Breno A. D. et al. **WISDOM: DESENVOLVIMENTO MULTIPLATAFORMA E VISUAL PARA REDES DE SENSORES SEM FIO**. Departamento de Ciência da Computação e Departamento de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <<http://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/publications/wcsf-wisdom.pdf>>. Acesso em: 07/06/2012.

WI-FI ALLIANCE. Disponível em: <[www.wi-fi.org](http://www.wi-fi.org)>. Acesso em 10/05/2012.

WORLD, Computer. PESQUISAS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS AUMENTARAM 1000% NO BRASIL. Disponível em: <[www.cio.uol.com.br/noticias/2011/09/23/pesquisas-em-dispositivos-moveis-aumentaram-1000-no-brasil/](http://www.cio.uol.com.br/noticias/2011/09/23/pesquisas-em-dispositivos-moveis-aumentaram-1000-no-brasil/)>. Acesso em: 24/10/2011.

## APENDICE

### ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA BATERIA DE UM DISPOSITIVO MÓVEL COM SISTEMA OPERACIONAL ANDROID, COM BASE NO MODELO ANALÍTICO LINEAR

Luan P. Macarini<sup>1</sup>, Sérgio Coral<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Ciência da Computação – Universidade do Extremo Sul  
Catarinense (UNESC) – Criciúma – SC

<sup>2</sup>Professor Orientador do Curso de Ciência da Computação – Universidade do Extremo Sul  
Catarinense (UNESC) – Criciúma – SC

Luan\_po@hotmail.com, sergiocoral@unesc.net

**Palavras-chave:** Smartphone, bateria, linear, modelo, tempo.

**Resumo.** Este trabalho abordará um dos temas mais discutidos e preocupantes quando o assunto é Dispositivos Móveis, que é avaliar o comportamento de uma bateria, nada mais sendo a fonte de energia hoje utilizada nos dispositivos. Um grande diferencial que um dispositivo pode obter em relação a um concorrente é o tempo de vida do aparelho durante a sua utilização, sem que seja necessário conectar-se a uma fonte de energia secundária e sem alterar a rotina do usuário. Este objetivo os fabricantes podem alcançar investindo em novas tecnologias e utilizando matérias com amplo grau de pureza, garantindo a qualidade do produto. Além disto, a educação dos usuários na utilização do aparelho é muito importante, pois como qualquer outro eletrônico, hábitos de economizar a energia quando possível são muito valiosos para se obter o máximo da bateria. Devido às dimensões reduzidas dos dispositivos móveis (na maioria dos casos) e desempenhos de processamento elevados, o tempo de vida tende a reduzir, fazendo com que o número de recargas seja maiores. No mercado os usuários podem encontrar diversos softwares que configuram automaticamente os aplicativos do aparelho para que se obtenha o melhor desempenho; porém estas aplicações são apenas alternativas e não uma solução para o usuário. Por meio de aparelhos de medição e com auxílio da ferramenta MATLAB que auxiliará na criação de gráficos, o trabalho irá abordar além da parte teórica, a parte prática, obtendo-se o gasto médio das aplicações mais utilizadas pelos usuários no dia a dia e verificando por meio do modelo Analítico Linear, a capacidade de carga restante de uma bateria BT50, presente no smartphone XT-300 da Motorola, buscando prever o tempo de vida da bateria.

**Abstract.** This paper will address one of the topics most discussed and troubling when it comes to Mobile Devices, which is to evaluate the behavior of a battery, nothing else being the energy source used in devices today. A great advantage that a device can obtain with respect to a competitor's lifetime of the device during use, without it being necessary to connect a secondary power source and the routine without changing the user. This objective manufacturers can achieve by investing in new technologies and using materials with ample

*purity, ensuring product quality. Furthermore, education of users in the use of the device is very important because like any other electronic habits to save energy where possible are very valuable to get the most battery. Due to the small size of mobile devices (in most cases) and high performance processing, the life time tends to decrease, causing the number of refills is greater. Market users can find several software applications that automatically configure the device to obtain the best performance, but these applications are not just alternatives and a solution to the user. Through measuring devices and with the help of MATLAB tool that will assist in creating charts, work will address beyond the theoretical, the practical, yielding the average expenditure of the applications most used by users on a daily and checking by means of linear analytical model, the remaining load capacity of a battery BT50 present in smartphone XT-300 Motorola, aiming to predict the lifetime of the battery.*

## **1 Introdução**

Ao longo da última década, o número de novos dispositivos de comunicação foi ampliado largamente, principalmente com os laptops e seus modems 3G, netbooks, *tablets* e smartphones. Esses novos dispositivos tendem a multiplicar aceleradamente nos próximos 10 anos, em um cenário que a comunicação máquina-máquina deverá superar largamente a comunicação entre seres humanos (SIQUEIRA, 2011).

Os Dispositivos Móveis (DM) podem ser *paggers*, telefones celulares, notebooks, netbooks, *tablets*, webphones, Assistentes Digitais Pessoais (PDA) e aparelhos que permitem o acesso a Internet, dentre eles os smarthphones. Essa lista vem crescendo à medida que mais dispositivos novos são introduzidos a cada dia no mercado. Os DM permitem a comunicação com outras pessoas e a obtenção de informações em qualquer lugar, a qualquer hora.

Com essa demanda crescente, os smartphones agregaram várias funcionalidades que hoje são, para muitos, essenciais, tais como: redes sociais, fácil acesso a notícias, jogos, e-commerce e varias outras possibilidades que estão surgindo, tais como efetuar pagamentos on-line e realizar transações bancárias.

O principal sistema operacional disponível para smartphones é o Android da Google. Por se tratar de um Sistema Operacional aberto, o Android pode ser usado em diversos aparelhos de marcas diferentes (SMALL, 2011).

Não existe restrição para o desenvolvimento de uma aplicação para esta plataforma, por ser Open Source. Uma das melhores características do Android é que seus aplicativos podem ser implementados em Java e não estão presos a um hardware específico, podendo estar em smartphones e outros.

Mesmo com o avanço das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), quando falamos em dispositivos móveis e mais especificamente em smartphones, observamos uma diferença na evolução da tecnologia desses dispositivos com relação a sua fonte de energia, a bateria.

Pode-se observar, nos mais variados modelos de smartphones, avanços em processamento, memória, espaço de armazenamento, miniaturização, sistemas operacionais e aplicações para as mais diversas funcionalidades, exigindo-se, cada vez mais, dos recursos de bateria desses aparelhos. E tratando-se da bateria de smartphones, pouco se avançou nas técnicas de armazenamento de energia, levando-se em consideração o tempo de funcionamento, que deve ser suficientemente grande a ponto de não ser necessário estar conectando os dispositivos, em um curto intervalo de tempo, a uma fonte de energia externa.

Uma bateria é constituída por uma ou mais células eletroquímicas, ligadas em série ou em paralelo, ou ainda através de uma combinação de ambas. Nestas células a energia

química armazenada é convertida em energia elétrica através de reações eletroquímicas (KLEVESTON, 2011).

As baterias utilizadas nos smartphones normalmente são de Li-Ion, mas os primeiros celulares utilizavam baterias Ni-Cad ou Ni-MH, mas elas logo foram substituídas pelas Li-Ion, que são mais leves e oferecem uma densidade energética muito maior. Grande parte disso se deve ao fato do lítio usado nas baterias ser o metal mais leve (número atômico 3, logo depois do hidrogênio e do hélio). O lítio não é apenas o mais leve dos metais, mas também duas vezes mais leve que a água (MORIMOTO, 2010).

O desempenho de uma bateria em relação ao perfil de corrente de descarga depende de dois efeitos (KLEVESTON, 2011):

- c) efeito de taxa de capacidade, que depende da capacidade atual da bateria, e da intensidade da sua corrente de descarga;
- d) efeito de recuperação, que depende da recuperação da capacidade durante períodos ociosos, ou seja, períodos em que a corrente solicitada é reduzida significativamente.

Portanto é importante que se busque maneiras para demonstrar, cientificamente, como se comporta a bateria de um smartphone.

O modelo Linear permite calcular a capacidade restante de uma bateria considerando a capacidade no início da operação, e a corrente constante de descarga durante a operação, e o tempo de duração da corrente. A capacidade remanescente é calculada sempre que a corrente de descarga for alterada (KLEVESTON, 2011).

Para aplicar o modelo são necessários aparelhos de medição de energia elétrica, tal como, um multímetro, que se torna necessário para se obter os dados da bateria.

Estando de posse das informações de consumo da bateria, é possível realizar a modelagem matemática com um software específico, por exemplo, o Matlab.

Matlab é um software de alto desempenho interativo para computação científica e de engenharia. Matlab integra análise numérica, matriz computação, processamento de sinal e gráficos em um ambiente fácil de usar onde problemas e soluções são expressos somente como eles são escritos matematicamente (CAMBRIDGE, 2011).

Visto o problema apontado, este trabalho pretende aplicar a técnica do Modelo Analítico Linear em baterias de dispositivos móveis para verificar a capacidade remanescente da bateria de um smartphone, buscando prever o tempo de vida da mesma e ainda, realizar testes com os principais aplicativos de smartphones, utilizados no dia a dia dos usuários.

## 2 Plataforma Android

A plataforma Android possui sua arquitetura subdividida em quatro camadas: Kernel GNU Linux, bibliotecas, framework para aplicações e as próprias aplicações e também a porção *runtime*, essencial para a execução dos aplicativos. A figura 1 ilustra todas estas camadas e as posições que se encontram (ANDROID, 2012).



Figura 1- Arquitetura da plataforma Android

Seu núcleo é composto pelo kernel GNU Linux 2.6, que é responsável pelo gerenciamento do sistema, tais como, memória, arquivos e processos. Nesta mesma camada encontram-se os drivers de mais baixo nível, que como vemos na figura 4 acima, controla o display, teclado, dispositivos de rede e gerenciamento de energia. A estrutura apresentada até então, formam a base da plataforma, ou seja, ultima camada do SO (ANDROID, 2012).

Em uma camada superior, temos as bibliotecas escritas em C e C++, responsáveis pela parte gráfica do sistema (OpenGL | LS), tais como, multimídia, banco de dados (SQLite) e suporte a browsers. Estas bibliotecas prestam serviços à camada seguinte que pode ser chamada de framework (ANDROID, 2012).

Entre as bibliotecas existe a máquina virtual (MV) Dalvik. Dalvik permite que um dispositivo possa executar várias MV de forma eficiente, otimizando a memória. A MV Dalvik consegue estes resultados, pois se baseia em registradores e não utiliza bytecode Java. O código binário utilizado possui um formato próprio e é gerado a partir do bytecode Java, possuindo algumas simplificações e compactações (ANDROID, 2012).

Avançando um nível acima, na camada de frameworks temos as *Application Programming Interface* (API) de suporte ao desenvolvimento, que simplificam o acesso ao sistema de localização, de telefonia, de notificações, pacotes de desenvolvimento e outros, ao qual forma a estrutura dos programas do Android.

Por fim, encontra-se a camada de aplicativos básicos do Android, camada esta que é apresentada ao usuário do dispositivo. É nesta camada que o usuário realiza a instalação de aplicativos e personaliza seu dispositivo da maneira que melhor irá atender suas necessidades (ANDROID, 2012).

### 3 Modelos Analíticos

Os modelos analíticos são fórmulas matemáticas criadas para auxiliar na previsão do tempo de vida de uma bateria de qualquer espécie. Sendo que existem modelos mais simples que não consideram algumas particularidades no momento da descarga e outros mais complexos e também mais precisos, que possuem uma precisão maior. Abaixo serão apresentados os principais modelos existentes.

#### 3.1 Modelo Linear

O modelo Linear é descrito pela equação (1).

$$C = C_0 - I \cdot td \quad (1)$$

Esta equação permite calcular a capacidade restante  $C$  de uma bateria, sendo que  $C_0$  é a capacidade no início da operação,  $I$  é a corrente constante de descarga durante a operação, e  $td$  é o tempo de duração da corrente. A capacidade remanescente é calculada sempre que a corrente de descarga for alterada (KLEVESTON, 2011).

Os resultados ao utilizar este modelo não são precisos, pois este é um modelo que não considera os efeitos não-lineares no momento da descarga de uma bateria. Mas por ser de fácil implementação, é um dos modelos mais referenciados na literatura.

#### 3.2 Lei de Peukert

A Lei de Peukert consiste em um modelo analítico criado como uma forma de se obter o tempo de vida das baterias baseando-se apenas no comportamento linear de descarga da mesma, não levando em consideração a recuperação da capacidade da bateria em um período de relaxamento, sendo este o período em que a bateria ainda possui carga, mas não é utilizada.

$$L = \frac{\alpha}{I^b} \quad (2)$$

O tempo de vida da bateria, seguindo a Lei de Peukert, pode ser obtido através da equação acima onde  $\alpha$  é igual à capacidade da bateria,  $I$  é a corrente de descarga, e  $b$  é um valor próximo de 1 (RAKHMATOV, 2001).

#### 3.3 Rakhmatov e Vrudhula

Este é o método que mais se aproxima da realidade, quando comparado a outros modelos para predição do tempo de vida de uma bateria, pois a descarga de energia decorrente no componente é feita de maneira não linear, considerando as variações na descarga (seja por anulação, ou somente redução), sendo considerada uma extensão da Lei de Peukert, o modelo analítico de Rakhmatov e Vrudhula. Este modelo realiza o cálculo de uma bateria considerando as variáveis não lineares no cálculo do tempo de vida das mesmas, como, por exemplo, o efeito de relaxação e o efeito da taxa de capacidade (RAKHMATOV, 2001).

O modelo de Rakhmatov-Vrudhula, procura estimar o tempo de vida de uma bateria de íons de lítio, a partir da equação a seguir, usando dois parâmetros específicos, tais

como o parâmetro que está relacionado à capacidade da bateria e o parâmetro que está relacionado ao comportamento não linear da bateria durante os períodos de carga e descarga.

$$\alpha = \sum_{k=1}^n 2I_{k-1}A(L, t_k, t_{k-1}, \beta). \quad (3)$$

Na equação (3)  $I_{k-1}$  é a corrente de descarga durante o período  $k - 1$ . A função  $A$  calcula o impacto do comportamento não linear na descarga da bateria,  $L$  é o tempo de vida da bateria,  $t_k$  é o tempo de duração do período  $k$  e  $t_{k-1}$  é o tempo de duração para o período  $k - 1$  (ATHAYDE, 2011).

## 4 Resultados Obtidos

### 4.1 Valores de correntes de carga utilizando aplicativos do Dispositivo Móvel

Visando avaliar o comportamento da bateria BT50, simulando um usuário casual com seu Smartphone, foram medidas a quantidade de carga gasta em mAs de algumas das mais utilizadas rotinas e aplicações do aparelho. Conforme descrito no subcapítulo anterior, para que fosse possível medir a quantidade de carga gasta de cada aplicativo, foi conectado o Smartphone a um multímetro comum, utilizado por diversos profissionais de eletroeletrônica, sendo que a metodologia utilizada foi descrita anteriormente e que os valores demonstrados na tabela 4 foram obtidos com o monitoramento de 1 minuto efetuando cada rotina.

A partir do pressuposto acima, foram obtidos os resultados ilustrados na tabela 4.

Rotinas	Valores gastos
Celular ligando	170 mAs
Celular ocioso com display desligado	2 a 7 mAs
Display aceso	200 mAs
Em uma chamada	200 a 250 mAs
Em uma chamada e em conversação	250 a 300 mAs
Navegando com a tela Touch	250 a 300 mAs
Em modo avião (Desabilita todas as conexões de rede)	200 mAs
Acessando internet Wi-Fi	400 a 500 mAs

**Tabela 1- Valores obtidos nos testes de comportamento da bateria.**

## 5 Resultados obtidos através do modelo linear

Conforme descrito no capítulo 4.1 o modelo Linear permite calcular a capacidade restante  $C$  de uma bateria, sendo que  $C_0$  é a capacidade no início da operação,  $I$  é a corrente constante de descarga durante a operação, e  $t_d$  é o tempo de duração da corrente.

Para aplicarmos o cálculo coletamos os três parâmetros necessários indicados anteriormente, sendo que  $C_0$  é 850mAh,  $I$  é 104mAs (corrente utilizada nos testes de descarga da bateria) e  $t_d$  é o tempo da medição, ao qual utilizamos os 10 primeiros minutos da descarga a 104mAs.

Para realizar o cálculo, foi convertido o valor 850 de Mille Ampere Hora para Mille Ampere Segundo, já que o valor 104 está em segundos. Também foi convertido o valor 10 minutos, para segundos, conforme tabela 5.

Valor antes da conversão	Valor após a conversão
850mAh	3060000mAs
10min	600s

**Tabela 2- Conversões de valores mAh para mAs**

Aplicando o cálculo (4), obtivemos como resultado o valor  $C = 2997600\text{mAs}$ .

$$C = 3060000 - (104 \cdot 600)$$

$$C = 3060000 - 62400 \quad (4)$$

$$C = 2997600\text{mAs}$$

Como o resultado foi obtido em Mille Ampere Segundo, o mesmo foi convertido novamente para Mille Ampere Hora, conforme tabela 6.

Valor antes da conversão	Valor após a conversão
2997600mAs	832.66mAh

**Tabela 6- Conversões de valores mAs para mAh**

O valor 832.66mAh significa a carga remanescente na bateria após 10 minutos de descarga a uma corrente de 104mAs. Para obter o tempo que a bateria levaria para ser totalmente descarregada, aplicou-se o cálculo (5).

$$T = 850 - 832.66 = 17.34 \quad (5)$$

Sendo que o valor obtido significa que aproximadamente 10 minutos de descarga, diminuem 17.34mAh do total da bateria. Então para obter o tempo, foi realizada a divisão do total 850mAh por 17.34mAh, resultando em 49.01 que multiplicado por 10 minutos é igual a 490,01 minutos, que dividindo por 60 minutos, equivale a 8.16, ou seja, 8 horas e 16 minutos. No gráfico 14 comparamos o tempo obtido pelo cálculo do modelo Linear e o tempo real obtido.

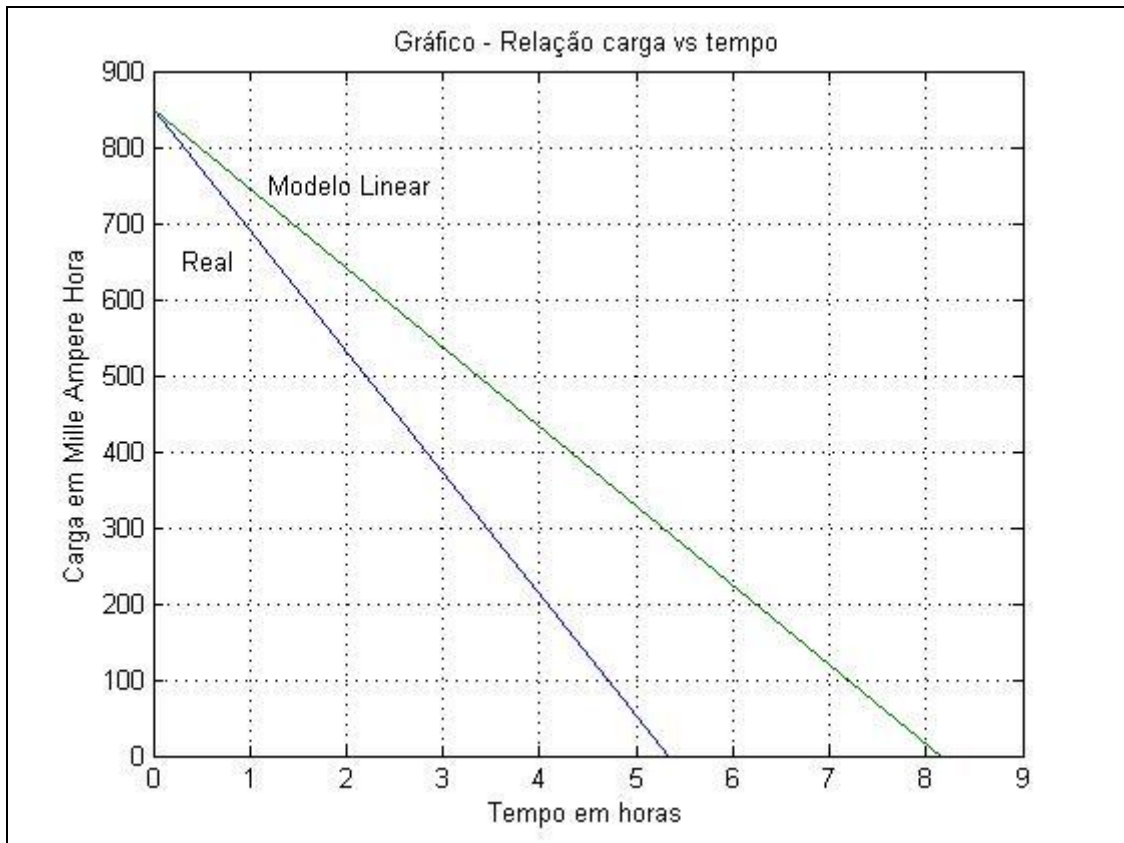


Figura 2- Gráfico comparando o modelo Linear e o tempo real obtido

A partir destes cálculos, estima-se que a descarga da bateria levasse aproximadamente 8 horas e 16 minutos, porém, a descarga completa da bateria resultou no tempo de aproximadamente 5 horas e 35 minutos, ao qual se pressupõem que as variações de corrente no momento da descarga da bateria, influenciaram diretamente no resultado obtido, mas que será mais bem descrito no capítulo a seguir.

## 6 Conclusão

Este trabalho de conclusão de curso teve por objetivo principal realizar um estudo sobre o comportamento da bateria em um dispositivo móvel com Sistema Operacional Android, utilizando também o Modelo Analítico Linear para prever o tempo de vida de uma bateria.

Conclui-se que a realidade atual dos dispositivos móveis é de sucesso. Sendo que é difícil encontrar pessoas que não possuam ou não desejam possuir um dispositivo móvel. Visto que para muitos se torna uma ferramenta fundamental para trabalho e lazer, facilitando o dia a dia no mundo. Porém, ainda enfrenta-se diariamente o grande vilão dos dispositivos móveis, que é o tempo que o aparelho permanece ativo com todas as suas funcionalidades operantes, sem que seja necessário conectá-lo a uma fonte externa de energia. Pois a partir do momento que um dispositivo necessita de conexão constante a uma fonte de energia externa, menos ele se torna móvel, fazendo com que o desinteresse por este aparelho seja muito grande, já que a principal função de um dispositivo móvel é de realmente ser móvel, possibilitando ser levado para qualquer local.

Com esta pesquisa, pode-se concluir que ainda existe um déficit muito grande de pesquisas no setor de baterias, quando comparados à evolução dos dispositivos móveis e suas funcionalidades.

Outro objetivo alcançado neste trabalho foi de realizar testes com os principais aplicativos do Smartphone. Pode-se observar que existe uma variação muito grande entre as funcionalidades do dispositivo móvel XT-300 com Sistema Operacional Android. Visto que o Wi-Fi e o display de LCD foram os grandes vilões do aparelho nos testes realizados, consumindo juntos cerca de 600mAs, que é uma quantia de carga muito elevada, se compararmos que o celular ocioso e com o display desligado consome apenas de 2 a 7 mAs.

Ainda avaliando o comportamento da bateria, foi aplicado o Modelo Analítico Linear após os testes de descarga por completo da bateria BT50 presente no dispositivo móvel XT-300 da Motorola, onde se concluiu que este modelo Linear por não considerar os efeitos não lineares da bateria e também a variações de temperatura, está sujeito a grandes erros na predição do tempo de vida da mesma, pois se baseando no resultado obtido através do cálculo, a bateria teria que durar aproximadamente mais 2 horas e 42 minutos, sendo que o cálculo previu 8 horas e 16 minutos e o tempo real obtido foi de 5 horas e 35 minutos aproximados. Desta forma o objetivo de aplicar o modelo Linear em uma descarga de bateria foi atingido; porém devido ao modelo não considerar os efeitos não lineares, o resultado final não foi o esperado.

## Referências

MORIMOTO, Carlos E. HARDWARE MANUAL COMPLETO. 2002. Disponível em:<<http://www.hardware.com.br/livros/hardware-manual/>>. Acesso em: 11/04/2012.

MINNELI, Leonardo. UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS MATLAB E SIMULINK PARA A PREDIÇÃO DO TEMPO DE VIDA DE BATERIAS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS. 2010. UNIJUI - DETEC – departamento de tecnologia. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/613>>. Acesso em: 07/06/2012.

SCHNEIDER, Keila. Kleveston. MODELOS ANALÍTICOS NA PREDIÇÃO DO TEMPO DE VIDA DE BATERIAS UTILIZADAS EM DISPOSITIVOS MÓVEIS. 2011. Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Matemática da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <[www.bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/263/Dissertacao%20Keila%20Kleveston%20Schneider.pdf?sequence=1](http://www.bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/263/Dissertacao%20Keila%20Kleveston%20Schneider.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 07/11/2011.