

# Aplicativo para Visualizar Sinais Bioelétricos em Dispositivos Móveis

Claudinei Pereira de Moraes<sup>1</sup>, Fábio Iaione<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados  
FACET – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia  
Cx. Postal 533 – CEP 79.804-970 - Dourados – MS

claudineipm@gmail.com, fabio.iaione@ufgd.edu.br

**Abstract.** *Mobile electronic devices have become essential items in people's lives. Since the invention of the wristwatch to the revolution of cell phone and Palmtop, they get more space in everyday life. With this idea, the aim of this work was to develop an application for mobile phone that shows a bioelectric signal. Signal samples are received via infrared port and are transmitted by a microcontrolled module. Application was developed using features of Java 2 Micro Edition. Use of mobile devices enables total mobility system, providing greater comfort for the patient and many future applications.*

**Resumo.** *Os dispositivos eletrônicos móveis se tornaram itens essenciais na vida das pessoas. Desde a invenção do relógio de pulso até a revolução do celular e do Palmtop, eles ganharam cada dia mais espaço no cotidiano. Com essa idéia, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um aplicativo para telefone móvel que mostre no visor um sinal bioelétrico. As amostras do sinal são recebidas via porta de infravermelho e são transmitidas por um módulo microcontrolado. O aplicativo foi desenvolvido utilizando-se recursos do Java 2 Micro Edition. O uso de dispositivos móveis possibilita a total mobilidade do sistema, proporcionando, assim, um conforto maior para o paciente e inúmeras aplicações futuras.*

## 1. Introdução

A mobilidade em aparelhos eletrônicos, que é a capacidade de serem transportados e utilizados em qualquer lugar, é uma grande conquista do avanço tecnológico que trouxe mais conforto ao dia-a-dia das pessoas. Isso se deve ao grande avanço na microeletrônica, que proporcionou dispositivos tais como, sensores, componentes eletrônicos, microprocessadores e outros, de dimensões cada vez menores.

O primeiro telefone móvel foi usado em 3 de abril de 1973 por um pesquisador norte-americano chamado Martin Cooper, que era funcionário de uma grande fabricante de equipamentos eletrônicos para telecomunicações. Esse aparelho foi batizado de “DynaTac”, pesava aproximadamente um quilo, sua bateria tinha uma duração de apenas 20 minutos e foram gastos quatro mil dólares americanos na sua construção [Fontoura 2003]. Os aparelhos celulares proporcionaram a interligação com aparelhos de telefonia fixa, o que foi considerado um grande avanço na tecnologia de telefonia na época de sua criação [Ferreira 2005].

A tecnologia dos aparelhos celulares teve seu início com a tecnologia 1G (Geração 1), que contava com sistemas analógicos como o AMPS (*Advanced Mobile Phone System*). A segunda geração chamada 2G (Geração 2) era composta por sistemas digitais como o GSM (*Global System for Mobile Communications*), CDMA (*Code*

*Division Multiple Access*) ou TDMA (*Time Division Multiple Access*). A próxima tecnologia denominada 2,5G (Geração 2,5), passou a oferecer serviços de dados por pacotes e com conexão permanente com taxas chegando a 144 kbps, tendo como principais sistemas o GPRS (*General Packet Radio Service*), EDGE (*Enhanced Data rates for GSM Evolution*) e extensões do CDMA. Logo após, surgiu a tecnologia 3G (Geração 3), com serviços de dados por pacotes e velocidades que chegam a 2 Mbps; sendo alguns de seus sistemas o WCDMA (*Wide-Band Code Division Multiple Access*) e o CDMA 1xEVDO (*Evolution Data Optimized*) [Teleco 2008].

Em 2009, o Brasil atingiu a marca de 169.753.909 de telefones móveis, resultando em uma relação de 88,43 celulares para cada 100 habitantes [Agência Nacional de Telecomunicações 2009].

O desenvolvimento de sistemas para dispositivos portáteis está começando a ser explorado na área médica. Atualmente, exames de ultrassom já podem ser feitos a distância utilizando-se um aparelho celular e uma sonda de ultrassom portátil [Richard *et al.* 2008]. A Figura 1 mostra o aparelho usado no trabalho citado.



**Figura 1. Foto do aparelho celular de terceira geração utilizado para visualização de exames de ultrassom (retirado de Richard *et al.* (2008)).**

Outra pesquisa resultou no desenvolvimento de um microscópio de alta resolução, que foi desenvolvido acoplando lentes de aumento a um celular com câmera integrada. Esse sistema teve seu uso voltado ao ramo da telemedicina, pois se obteve uma ótima resolução na detecção de células sanguíneas e na morfologia de microorganismos. Com o auxílio de um *software* de análise de imagem foi possível demonstrar a contagem automática de bacilos [Breslauer *et al.* 2009]. A Figura 2 mostra o microscópio com seus componentes.



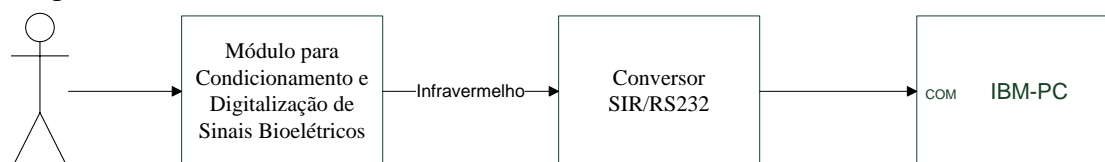
**Figura 2. Foto do microscópio construído através de lentes de aumento acopladas à câmera de um aparelho celular [Breslauer *et al.* 2009].**

Os sinais bioelétricos são produzidos pela atividade eletroquímica de certos tipos de células do organismo, conhecidas como células excitáveis, que são componentes do tecido nervoso, muscular ou glandular. Assim, o eletrocardiograma (ECG), o eletroencefalograma (EEG) e o eletromiograma (EMG), são exemplos de registros dos sinais bioelétricos gerados pelo coração, cérebro e músculos, respectivamente [Webster 1992]. A captação desses sinais é realizada através de eletrodos e estes podem ser utilizados para diagnóstico, monitoração de condições fisiológicas, como em Ireland *et al.* (2000), ou detecção em tempo real de condições que trazem risco a vida das pessoas, como em Iaione & Marques (2005).

Esse trabalho propõe a construção de uma aplicação MIDP (*Mobile Information Device Profile*) para a visualização de sinais bioelétricos em tempo real, tais como eletrocardiograma e eletroencefalograma, no visor do aparelho celular. Esse aplicativo deve conter uma *interface* amigável com o usuário para a visualização e uma *interface* para o recebimento dos sinais bioelétricos enviados por um módulo de captação desse tipo de sinal. O intuito é oferecer uma alternativa mais confortável e que tenha maior mobilidade para o acompanhamento de pacientes em suas próprias residências.

## 2. Metodologia

A Figura 3 mostra o modelo diagramático do sistema desenvolvido, com todos os seus componentes.

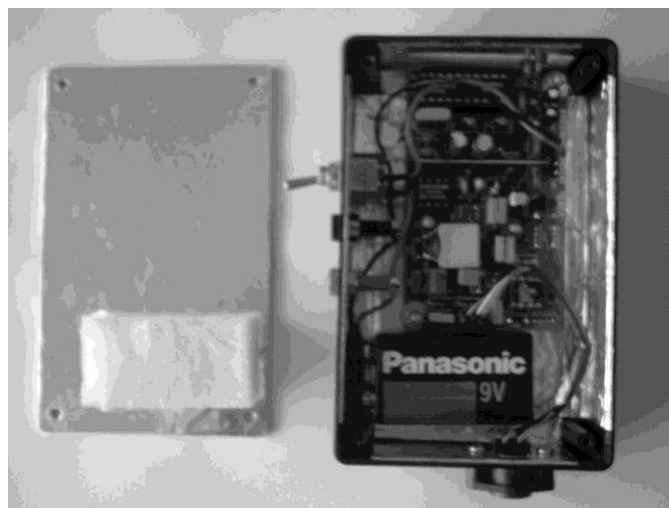


**Figura 3. Componentes do sistema. O módulo para condicionamento e digitalização de sinais bioelétricos faz a aquisição desse tipo de sinal e envia para um conversor SIR/RS232, que por sua vez, está conectado na porta serial de um computador de arquitetura IBM-PC, onde o aplicativo desenvolvido é executado em um simulador de celular.**

Para fazer a aquisição do sinal bioelétrico foi utilizado um módulo microcontrolado desenvolvido por Iaione (2003). Esse módulo faz o condicionamento do sinal bioelétrico (amplificação e filtragem analógica), digitalização (12 *bits*) e

transmissão serial (9600 bps) por infravermelho conforme o padrão SIR (*Serial Infrared*).

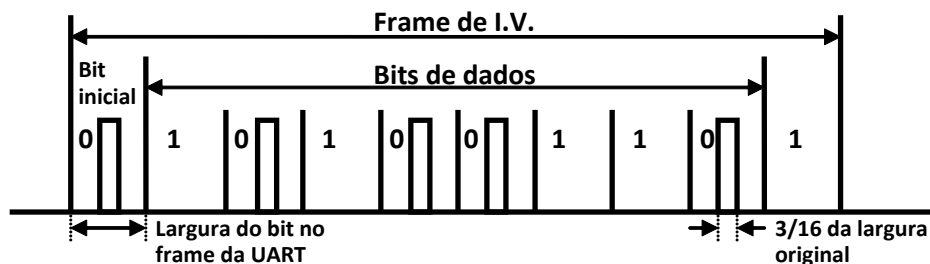
A taxa de amostragem é de 240 amostras/s (240 digitalizações por segundo) e como fonte de energia utiliza uma bateria de 9 V, ficando totalmente isolado da rede de energia elétrica, o que garante a segurança do indivíduo monitorado. O circuito está configurado para captar o sinal de eletroencefalograma, através de três eletrodos fixados no escalpo [Iaione 2003]. A Figura 4 mostra uma foto do módulo utilizado, no qual aparece a placa de circuito impresso, a bateria de 9 V, os conectores e a chave L/D.



**Figura 4. Foto do interior do módulo de condicionamento e digitalização do sinal bioelétrico. Pode-se observar o circuito impresso, a bateria de 9 V, os conectores e a chave L/D (retirado de Iaione (2003)).**

O padrão SIR, utilizado pelo módulo, faz parte dos protocolos de comunicação IrDA (*Infra-Red Data Association*). O IrDA é uma organização formada por vários fabricantes que tiveram interesse em usar a tecnologia de transmissão de dados via radiação de infravermelho. As principais vantagens que se pode observar na transmissão por infravermelho são: a total ausência de cabos, o custo relativamente baixo em relação a outras tecnologias, alto grau de imunidade ao ruído externo e isolamento elétrico total entre o transmissor e o receptor [ELEKTOR ELETRÔNICA 1996].

As ligações IrDA podem ser vistas como uma extensão da interface RS-232, com o auxílio de dispositivos emissores e receptores de infravermelho. A interface de infravermelho reduz os *bits* do padrão RS232 para 3/16 da duração original, conforme a Figura 5, antes do sinal ser transmitido [ELEKTOR ELETRÔNICA 1996], [VISHAY TELEFUNKEN 1999].

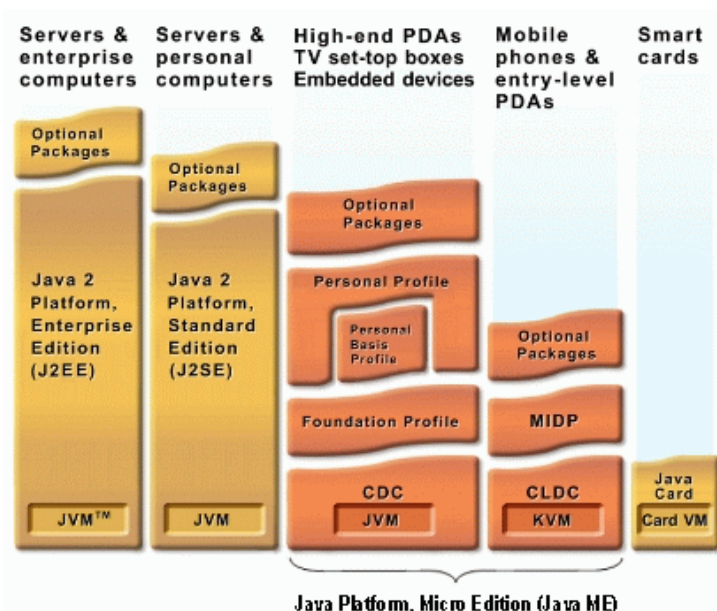


**Figura 5. Padrão serial IrDA, que mostra a largura do bit no *frame* da UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) RS-232 em relação à largura do pulso de infravermelho (modificado de VISHAY TELEFUNKEN (1999)).**

Para utilizar a porta serial (RS-232) do computador tornou-se necessário a utilização de um conversor SIR/RS232, para que os sinais transmitidos pelo módulo sejam convertidos do padrão SIR para o padrão RS-232, sendo reconhecidos pelo aplicativo rodando no emulador do celular presente no computador. Foi utilizado um conversor SIR/RS232 da marca iFoundry Systems, modelo IFSYS-8001B, que trabalha nas velocidades 9600 bps, 19200 bps, 38400 bps, 57600 bps e 115200 bps. Esse conversor foi utilizado em conjunto com um cabo construído, que teve a função de manter os pinos RTS (*Request To Send*) e DTR (*Data Terminal Ready*), do conversor, em +12 V e -12 V, pois o conversor exige essa configuração para se obter a taxa de transmissão de 9600 bps.

O computador IBM-PC utilizado no desenvolvimento tinha a seguinte configuração: HP COMPAQ DC 5250 Micro Tower, processador Intel Pentium D 1,6 GHz, 1 GB de memória e HD de 320GB.

Para o desenvolvimento do aplicativo utilizou-se a plataforma J2ME (*Java 2 Micro Edition*). A linguagem de programação Java apresenta quatro tipos de plataformas: a J2EE (*Java 2 Enterprise Edition*), que é a maior de todas as plataformas Java, abrangendo aplicações corporativas e sendo utilizada em servidores de aplicações; a J2SE (*Java 2 Standard Edition*), que é a plataforma utilizada em computadores do tipo *desktop*, usada em diversas modalidades de aplicações; a J2ME, que é utilizada em dispositivos com baixa capacidade de processamento, como celulares e *palmtops*; e a *Java Card*, que por sua vez é considerada a menor plataforma implementada com Java, sendo utilizada na programação de cartões inteligentes conhecidos como *smart cards* [Deitel & Deitel 2005], [Johnson 2007], [Sun Microsystems 2009]. A Figura 6 mostra a divisão da linguagem Java nas quatro plataformas.



**Figura 6. Divisão da linguagem Java nas plataformas: J2EE, J2SE, J2ME e JAVA CARD (retirado de Sun Microsystems (2009)).**

A Sun Microsystems, empresa criadora da linguagem de programação Java, lançou em 1998 uma tecnologia chamada *Personal Java*, com o intuito de abranger a programação de dispositivos móveis e com restrições de *hardware* computacional. Essa tecnologia mostrou um bom funcionamento em alguns tipos de dispositivos, porém em dispositivos com maior limitação de *hardware*, ela não mostrou um bom desempenho. Mais tarde, em 1999, a Sun lançou o J2ME, tecnologia que possibilitaria o desenvolvimento de aplicativos para dispositivos como os celulares, que não são dotados de um *hardware* de alto desempenho [Johnson 2007].

Devido à indisponibilidade de um aparelho celular adequado, utilizaram-se emuladores de celulares encontrados em ferramentas de desenvolvimento, ou na forma de aplicativo específico. A partir daí, foram feitos testes utilizando-se o programa *Virtual Serial Port Driver 6.0* [ELTIMA SOFTWARE 2009] que cria portas seriais virtuais interconectadas no computador em que é instalado, e o programa *Realterm*, que faz o envio de dados pelas portas seriais, sejam elas reais ou virtuais. Assim, foi possível testar as funções do aplicativo em desenvolvimento, antes mesmo de serem usadas as portas seriais reais do computador e o módulo de aquisição de sinais bioelétricos. Para o desenvolvimento foi utilizado o IDE (*Integrated Development Environment*) NetBeans 6.1, que possui um emulador de dispositivos móveis para realização de testes.

### 3. Resultados

O aplicativo foi desenvolvido utilizando-se de alguns recursos do J2ME. Por exemplo, a comunicação serial foi implementada utilizando-se a classe *commconnection* e a *interface Connector*, nativas do J2ME. Também foi implementada a herança da classe *Canvas* [Keogh 2003], que permitiu a construção do gráfico da aplicação, com seus métodos de construção de gráficos primitivos, como o método para desenhar linhas.

O aplicativo recebe 240 amostras por segundo, sendo que uma amostra é composta por dois *bytes* que são recebidos individualmente pelo conversor SIR/RS232 e depois pelo aplicativo. Este por sua vez, recebe o primeiro *byte* e aguarda a chegada de

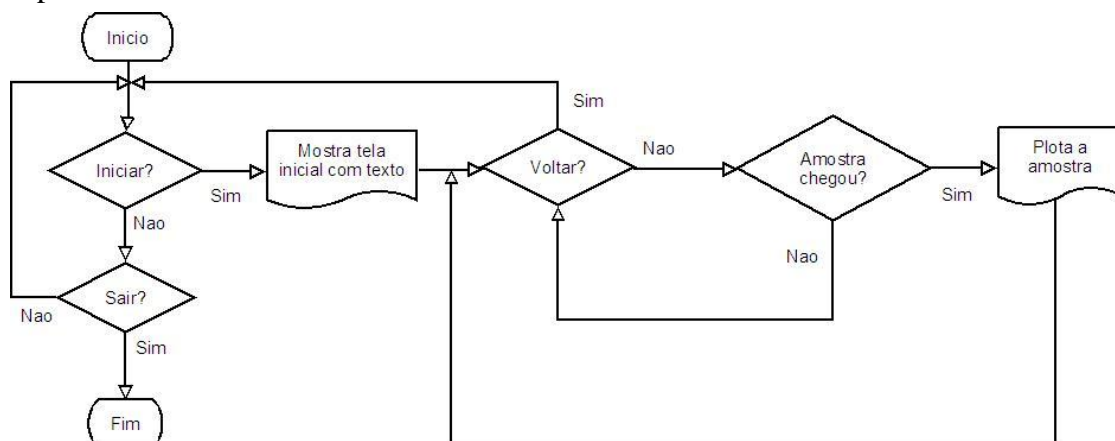
um segundo *byte*, que sempre é maior ou igual a 128, para diferenciá-lo do primeiro *byte*. Ao chegar o segundo *byte*, o aplicativo faz um cálculo para encontrar o valor da amostra que será impressa no visor do celular (Equação 1). A seguir, o aplicativo guarda a última amostra e recebe mais dois *bytes*, e assim sucessivamente. O gráfico é construído traçando-se linhas entre as amostras, que são adequadas ao visor do celular através da Equação 2, mostrando assim o sinal bioelétrico até que o usuário interrompa a aplicação ou desligue o módulo de aquisição.

$$amostra = (byte2 - 128) \times 64 + byte1 \quad (1)$$

$$y = \frac{(290 - 60)}{4095} \times (4095 - amostra) \quad (2)$$

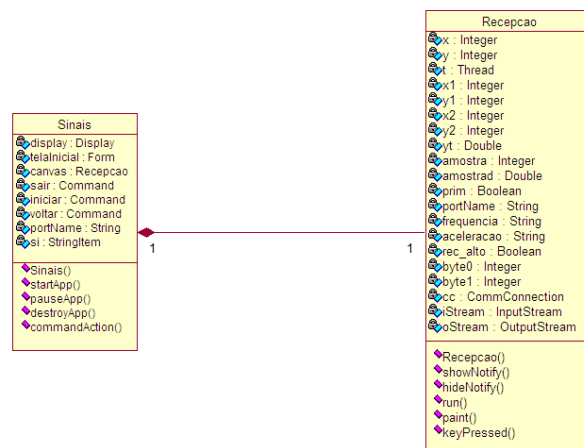
Onde *amostra* é o valor da amostra digitalizada (0 a 4095), *byte1* é o primeiro *byte* recebido, *byte2* é o segundo *byte* recebido, e *y* é o valor usado na coordenada (*x*,*y*) do ponto impresso no visor que representa a amostra, sendo que o valor *x* é incrementado 1, 2 ou 5 automaticamente para cada amostra recebida. Cabe observar que o visor do dispositivo móvel emulado tem 240 pontos na horizontal (eixo *x*) e 290 pontos na vertical (eixo *y*), sendo que o ponto localizado no canto superior esquerdo tem coordenada (0,0) e o localizado no canto inferior direito tem coordenada (239, 289). O valor 60 que aparece na Equação 2 tem a função de evitar o traçado na área inferior do visor, deixando uma área livre (240 pontos por 60 pontos) para impressão de informações complementares.

A Figura 7 mostra o fluxograma simplificado do aplicativo, com todas as suas etapas.



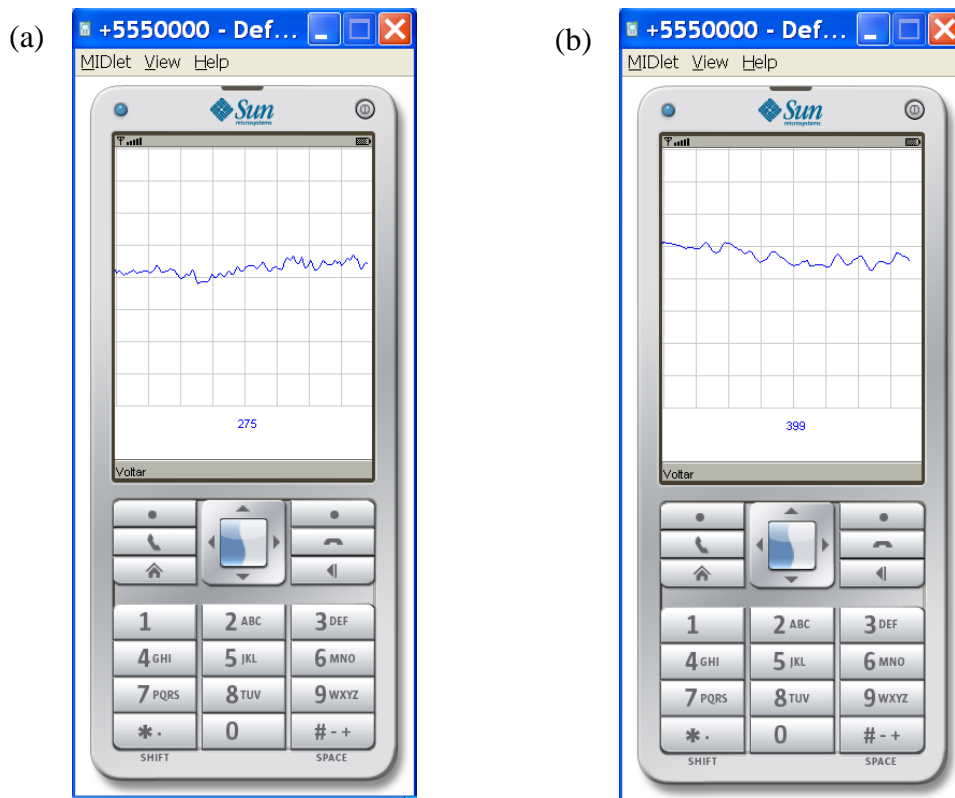
**Figura 7. Fluxograma simplificado do aplicativo para visualização dos sinais bioelétricos, com todas as suas etapas, onde se pode ver representados os botões Iniciar, Sair e Voltar; a verificação da chegada da amostra; e as operações de mostrar a tela inicial e *plotar* a amostra após sua chegada.**

A Figura 8 mostra o diagrama de classes do aplicativo, seus atributos e métodos.



**Figura 8.** Diagrama de classes do aplicativo composto por uma classe principal, chamada Sinais, que herda da classe *Midlet*, tornando o aplicativo executável em um celular. A classe Sinais é composta por uma classe chamada Recepção, que faz as operações de receber as amostras e imprimi-las no visor do aparelho celular.

A Figura 9 mostra telas do emulador de celular quando o sistema foi testado adquirindo o sinal de eletroencefalograma em um indivíduo.



**Figura 9.** Telas do emulador de celular mostrando a derivação C3-A2 do EEG, com incremento de um para x (a) e com incremento de dois (b). O número abaixo do sinal indica a quantidade de telas preenchidas pelo mesmo.



#### 4. Discussão e Conclusão

No presente trabalho desenvolveu-se um aplicativo em Java (J2ME) para telefones móveis capaz de receber um sinal bioelétrico através da porta de infravermelho e mostrá-lo no visor do aparelho (gráfico tensão elétrica *versus* tempo).

No desenvolvimento do trabalho verificou-se uma limitação no acesso à porta de infravermelho disponível nos celulares, pois alguns fabricantes não permitem acessar em baixo nível (*byte a byte*) esse tipo de porta através do J2ME, e o módulo utilizado para digitalização de sinais bioelétricos usa esse tipo de transmissão. Essa limitação inviabilizou o teste do aplicativo em um telefone móvel real, já que não se dispunha de um modelo no qual a porta de infravermelho pudesse ser acessada em baixo nível (*raw data*). Por esse motivo, optou-se por utilizar um computador IBM-PC equipado com um conversor SIR/RS232 para que fosse realizada a captura do sinal de infravermelho, e utilizou-se um emulador de aparelhos celulares para testar o aplicativo desenvolvido.

O aplicativo para visualização de sinais bioelétricos apresenta como algumas de suas limitações o fato de não armazenar o sinal capturado em um arquivo ou banco de dados, e também a limitação de não enviar os dados para um servidor remoto por protocolos como o HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*), por exemplo, que é muito utilizado na programação para celulares na transmissão de dados para um servidor.

Como sugestão para trabalhos futuros pode-se citar o aumento das funcionalidades do aplicativo para que esse tenha mais recursos em seu emprego na área médica. Algumas das funcionalidades que podem ser adicionadas são o envio e armazenamento dos dados em servidores remotos e o armazenamento no próprio aparelho celular, através de arquivos que possam ser acessados pelo próprio aplicativo ou por outro aplicativo de visualização e processamento de sinais. Outras sugestões são a adequação da *interface* do usuário para cada tipo de sinal bioelétrico (EEG, ECG e outros), a apresentação da tensão elétrica em microvolts no eixo vertical, a possibilidade de usar várias escalas verticais, e outras.

Verificou-se que o aplicativo funcionou de forma satisfatória na obtenção de um sinal bioelétrico junto ao paciente e na visualização do mesmo no visor do emulador de telefones móveis.

O uso de telefones móveis possibilita a mobilidade de sistemas de aquisição de sinais bioelétricos aplicados na área médica, pois o sistema completo é composto pelo módulo de aquisição e o telefone móvel. Isso facilita a aquisição de sinais em qualquer localidade em que o paciente esteja, o que permite inúmeras aplicações futuras e facilidades, tais como, a visualização do sinal de ECG em situações emergenciais de suspeita de problema cardíaco, o desenvolvimento de sistemas para detecção em tempo real de condições que trazem risco a vida de indivíduos com doenças crônicas, assim como outras.

#### 5. Referências

Agência Nacional de Telecomunicações (2009) “Brasil tem 169,8 milhões de acessos móveis”, <http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalInternet.do>, Dezembro.

Breslauer, D. N.; Maamari, R. N.; Switz, N. A.; Lam, W. A.; Fletcher, D. A. (2009). Mobile Phone Based Clinical Microscopy for Global Health Applications. PLoS ONE, v. 4, p. 1-7.

- Deitel, H. M.; Deitel, P. J. (2005). Java - Como Programar. 6. ed. São Paulo: Editora Pearson Education do Brasil.
- ELEKTOR ELETRÔNICA (1996). Transmissão de Dados por IV. Ferreira e Bento S. A., Lisboa, Elektor Eletrônica, n. 142 (Out.), p. 33-36.
- ELTIMA SOFTWARE (2009) “Virtual Serial Port Driver”, <http://www.virtualserialport.com/products/vspdxp/>, Maio.
- Ferreira, G. A. (2005). Aplicações MIDP em Aparelhos Móveis Celulares e Monitoramento Remoto de Bio-Sinais: Considerações e Desenvolvimento de uma Solução. Belo Horizonte. Dissertação de mestrado - Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.
- Fontoura, A. (2003) “Primeira Ligação de Celular Completa 30 anos”, <http://jbonline.terra.com.br/jb/online/internet/destaque/2003/04/onlintdes20030403002.html>, Dezembro.
- Iaione, F. (2003). Proposta e Implementação de Metodologia para Detecção de Hipoglicemia Baseada na Análise e Classificação do Eletroencefalograma. Florianópolis. Tese de doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Iaione, F. ; Marques, J. L. B. (2005). Methodology for hypoglycaemia detection based on the processing, analysis and classification of the electroencephalogram. Medical & Biological Engineering & Computing, Inglaterra, v. 43, n. 4, p. 501-507.
- Ireland, R. H. ; Robinson, R. T. C. E. ; Heller, S. R. ; Marques, J. L. B. ; Harris, N. D. (2000). Measurement of High Resolution ECG QT Interval During Controlled Euglycaemia and Hypoglycaemia. Physiological Measurement, United Kingdom, v. 21, n. 2, p. 295-303.
- Johnson, T. M. (2007). Java para Dispositivos Móveis - Desenvolvendo Aplicações com J2ME. 1. ed. São Paulo: Editora Novatec.
- Keogh, J. (2003). J2ME: The Complete Reference. Berkeley: McGraw-Hill/Osborne.
- Richard, W. D.; Zar, D. M.; Solek, R. (2008). A Low-Cost B-Mode USB Ultrasound Probe. Ultrasonic Imaging, vol. 30, p. 21-28.
- Sun Microsystems (2009) “Java ME Technology”, <http://java.sun.com/javame/technology/index.jsp>, Dezembro.
- Teleco (2009) “Tecnologias de Celular”, <http://www.teleco.com.br/tecnocel.asp>, Dezembro.
- VISHAY TELEFUNKEN (1999). About IrDA Compatible Data Transmission: Physical Layer. Document number 82500.
- Webster, J. G. (1992). Medical Instrumentation - Application and Design. 2. ed. Houghton Mifflin, Boston.