

## **MÉTODO DE COMPRESSÃO PARA ECG MÓVEL.**

**Tiago Pontes PEREIRA (1), Cleonilson PROTÁSIO (2)**

CEFET-MA, Av. Getúlio Vargas, Nº 4 Monte Castelo. São Luís-MA CEP: 65030-000

(1) tiagoppereira@hotmail.com, (2) protasio@cefet-ma.br

### **RESUMO**

Com possibilidade de comunicação sem fio com extrema mobilidade, abrangente infra-estrutura e diversidade de serviços oferecidos, a comunicação móvel celular permite o surgimento de diversas novas aplicações nas mais variadas áreas. Em outro contexto, a telemedicina desponta como um meio de se aplicar tecnologias de comunicações e da informação na prevenção e tratamento de doenças, em grande parte, em locais isolados. Um dos principais exemplos de aplicação com sucesso da telemedicina é o eletrocardiograma (ECG) portátil. A tecnologia disponível atualmente para a transmissão de sinais de ECG é baseada em modems, PDAs, rádio, etc. Em geral, tais tecnologias são caras e sem mobilidade. Atualmente, no CEFET-MA/UFMA está em execução uma pesquisa para o desenvolvimento de um ECG portátil utilizando aparelho celular com base no serviço de mensagens curtas de texto (SMS, *Short Message Service*). Nesta pesquisa, foi observado que a maior limitação deste serviço é a reduzida quantidade de dados que podem ser transmitidos, necessitando assim de eficientes processos de compressão de dados. Este trabalho descreve o desenvolvimento de um algoritmo de compressão de imagem para ser aplicado neste sistema de ECG.

**Palavras-chave:** telemedicina, eletrocardiograma portátil, telefonia celular, compressão de dados.

## 1. INTRODUÇÃO

Com a crescente evolução da tecnologia do sistema de comunicação móvel celular, a comunicação por voz passou a ser apenas um de seus serviços. Diversas novas aplicações desse sistema estão disponíveis ou em desenvolvimento devido a uma série de características que o torna muito interessante para diversas classes de aplicações (SILVA, 2005; SANTOS, 2004; BORGES, 2001). Algumas dessas características principais são a sua extensa infra-estrutura de cobertura urbana, a possibilidade de comunicação sem fio com mobilidade e em qualquer lugar coberto pelo sistema e o barateamento dos preços dos aparelhos celulares.

Em outro contexto, a telemedicina desponta como um meio de se aplicar tecnologias de comunicações e da informação na prevenção e tratamento de doenças em locais isolados (MOORE, 1999). Um dos principais exemplos de aplicação de sucesso da telemedicina é o eletrocardiograma portátil. Esta aplicação é de alta importância para o cuidado da saúde cardiovascular de pacientes localizados em lugares de difícil acesso. Alguns exemplos desse tipo de equipamentos são:

- (1) O *HeartView* da *Aerotel Medical Systems* (AEROTEL MEDICAL SYSTEMS, 2005): baseado em linhas telefônicas fixas e um dos mais usados para coleta, transmissão e diagnóstico de eletrocardiograma. Tem a desvantagem de ser bastante sensível a ruído e ter alto custo.
- (2) Eletrocardiograma baseado em PC (SPARENBERG, 2004): baseado em transmissão via Modem. Utiliza uma placa de aquisição acoplada a um PC (*Personal Computer*). A desvantagem é sua baixa mobilidade e alto custo.
- (3) Eletrocardiograma baseado em PDA (ROBSON, 2007): baseado em Assistente Pessoal Digital (PDA). Utiliza um sistema de condicionamento de sinal e de aquisição de dados acoplado a um PDA (no caso, um computador de mão do tipo *Palm Top*). A desvantagem é que é necessária uma conexão de Internet. É o que apresenta menor custo até então.

Atualmente, no Centro Federal de Educação Tecnológica do Maranhão (CEFET-MA) e na Universidade Federal do Maranhão (UFMA) está em execução uma pesquisa experimental para o desenvolvimento de um sistema de ECG portátil utilizando aparelhos celulares, denominado de **ECG Móvel**, com baixo custo e de operacionalização que possibilite a realização de exames em localidades remotas de forma rápida e eficiente. O serviço escolhido como base deste sistema foi o de mensagem curta de texto (SMS, da expressão *Short Message Service*).

A operação intencionada ao ECG MÓVEL é a seguinte. Um dispositivo de aquisição de sinais eletrocardiográficos será instalado em um aparelho celular. Esse conjunto, próximo ao paciente, realizará a aquisição dos sinais e comprimirá esses sinais em uma mensagem SMS que será enviada pelo celular A para o celular B, próximo ao médico, que transferirá a mensagem para o seu computador, como mostrado na Figura 1.

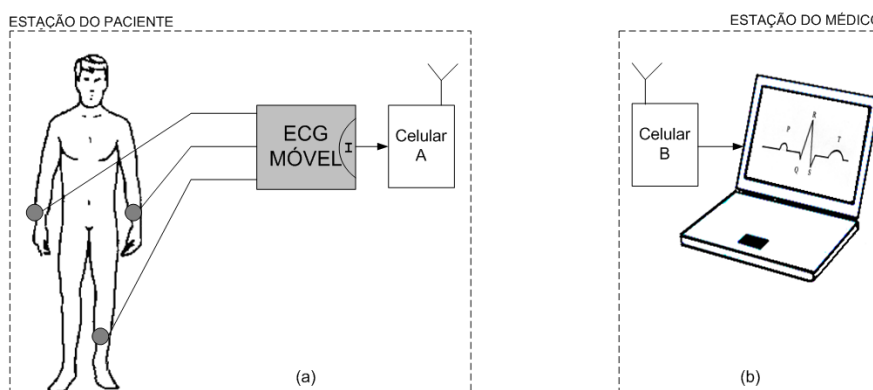


Figura 1. ECG Móvel: (a) Equipamento remoto, e (b) equipamento de recebimento de dados.

O serviço SMS permite o envio de dados pelo celular através de mensagens de texto. Porém esse serviço é limitado ao envio de cerca de 160 caracteres por mensagem enviada (dependendo da operadora de telefonia móvel). Esta limitação é o principal desafio para o pleno desenvolvimento do ECG MÓVEL.

Dessa forma, este artigo tem como objetivo principal apresentar o desenvolvimento de um algoritmo de compressão de imagem para ser aplicado ao ECG MÓVEL.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O eletrocardiograma (ECG) é o registro dos fenômenos elétricos que se originam durante a atividade cardíaca por meio de um aparelho denominado eletrocardiógrafo. Ele serve como um auxiliar para o diagnóstico de um grande número de cardiopatias. O resultado deste exame é uma imagem que representa a variação de tensão, como mostrado na Figura 2. Esta imagem é posteriormente analisada por um médico especialista que dá o diagnóstico do exame.

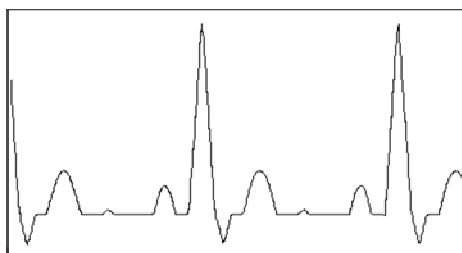


Figura 2- Sinal de ECG

Nos aparelhos digitais, uma imagem de ECG é representada como uma matriz de pontos chamados *pixels*. Cada *pixel* pode ser tanto um bit, indicando um ponto preto ou branco, ou vários bits, indicando uma variação de cores. Os pixels são armazenados em memória na estrutura de *array* (vetor) denominado de *bitmap* (mapa de bits) em que o primeiro pixel do bitmap é o ponto no canto superior esquerdo da imagem, e o último pixel é o que se encontra no canto inferior direito (SALOMON, 2007).

O padrão de imagem escolhido para este trabalho foi o PBM (*Portable Bit Map*), que consiste em um formato de imagem monocromático, em que cada pixel possui um único valor: bit 1 para representar a cor preta e bit 0 para a cor branca.

Em geral, os métodos de compressão podem ser classificados em métodos de compressão com perdas e métodos de compressão sem perdas. Os métodos com perdas atingem melhores compressões, mas permitem perdas de informação, pois quando os dados comprimidos são descomprimidos, o resultado não é idêntico aos dados originais. Esse método é utilizado especialmente em imagens, filmes ou sons, pois as perdas, por ser pequena, não são perceptíveis. Por outro lado, arquivos de dados ou de programas de computador, podem se tornar inúteis se um único bit for modificado. Neste caso, devem ser compactados por métodos de compressão sem perdas (SALOMON, 2007).

## 3. ALGORITMO DE COMPRESSÃO

Tendo como objetivo trabalhar com imagens de ECG em PBM (preto e branco) foi desenvolvido um algoritmo de compressão de imagem sem perdas. A compressão sem perdas assim não possibilitará diagnóstico errado devido alterações no ECG.

O algoritmo foi construído em MATLAB<sup>®</sup> pela facilidade de uso, com funções específicas para o trabalho com imagens e pela visualização rápida e clara dos resultados. Futuramente, o algoritmo deverá ser compilado em linguagem C para sua aplicação no circuito de ECG móvel que terá como base um microcontrolador da Família PIC.

O primeiro método de compressão utilizado foi o RLE (*Run Length Encoding* – Codificação por Comprimento de Seqüência), por se tratar de um método eficiente para compressão de imagens gráficas.

A compactação de uma imagem utilizando RLE é baseada na observação de que, se selecionar um pixel na imagem ao acaso, há uma boa chance que os seus vizinhos terão a mesma cor. O compressor, por isso,

percorre o *bitmap* linha por linha, buscando por seqüências de pixels da mesma cor. Se o *bitmap* começa, por exemplo, com 17 pixels branco, seguido por 1 pixel preto, seguido por outros 55 brancos, então os números 17, 1, 55 serão codificados nos dados de saída (SALOMON, 2007).

Portanto, a compressão da imagem via RLE, transforma a imagem PBM em uma matriz de valores de comprimento das seqüências de pixels brancos e pretos. O tamanho da imagem comprimida dependerá da complexidade da imagem, sendo que quanto maior a quantidade de detalhes que a imagem apresentar, menos eficiente será a compressão. Quanto à imagem de ECG a complexidade não é tão elevada, visto tratar-se basicamente de uma linha sobre um fundo branco, e o algoritmo de compressão RLE alcança melhores resultados ao fazer a leitura dos pixels em colunas verticais, na qual a seqüência de pixels iguais é maior. Na Figura 3 é representada uma imagem de ECG e ao lado a respectiva codificação.

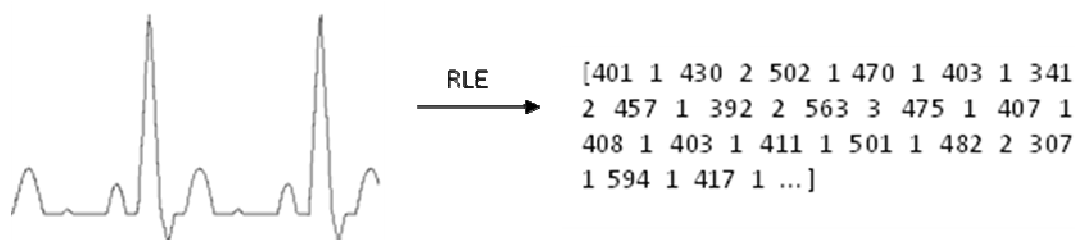


Figura 3 – Imagem de ECG transformada pelo RLE

Uma vez que a compressão RLE é sem perdas, então o processo é reversível (MENGYI PU, 2005). Desta forma, atende a característica de preservar totalmente a informação da imagem de ECG.

Com essa codificação já é possível obter uma imagem ECG comprimida. Porém, a razão de compressão ainda é baixa necessitando de vários SMSs para seu envio. Por isso decidiu-se fazer um algoritmo RLE complementar com uma codificação capaz de reduzir ainda mais a informação da imagem e que gerasse um código específico baseado nos caracteres específicos utilizados pelo celular para o envio de SMS.

O algoritmo complementar codifica a imagem já comprimida pelo RLE em uma mensagem de texto própria para SMS, baseado em 91 caracteres ASCII utilizados pelos aparelhos celulares para a construção de textos. O algoritmo transforma números da base decimal para o código ASCII, alcançando assim razões de compressão melhores com mensagens que podem ser transmitidas via SMS como texto, como visto na Figura 4.

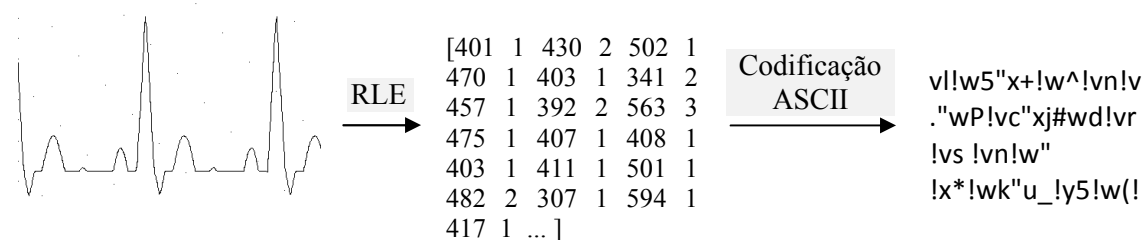


Figura 4 – Imagem de ECG transformada pelo RLE e codificada para caracteres ASCII

#### 4. RESULTADOS

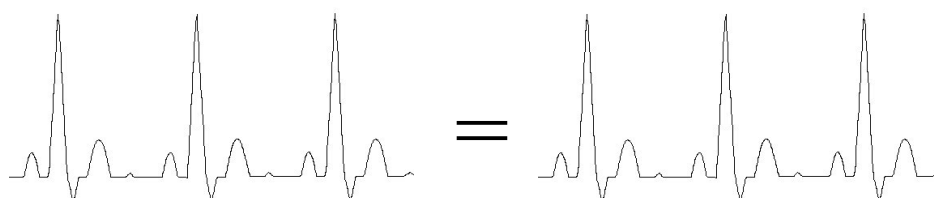
Os primeiros testes utilizando os algoritmos de compressão RLE em conjunto com a codificação ASCII desenvolvida nesta pesquisa resultaram nos dados vistos na Tabela 1. Na primeira coluna desta tabela estão os nomes dos arquivos das imagens dos sinais de ECG em formato PBM.

**Tabela 1 – Resultados da compressão**

<b>Imagem PBM</b>	<b>Tamanho em pixels</b>	<b>Tamanho em Quilo bytes</b>	<b>Tamanho comprimido (arquivo de texto)</b>
3picos.pbm	500x300	18.5 Kb	1.46 Kb
5picos.pbm	900x300	33.1 Kb	2.63 Kb
7picos.pbm	1200x300	44.0 Kb	3.51 Kb
9picos.pbm	1500x300	55.1Kb	4.39 Kb
sinalecg.pbm	4800x400	234 Kb	14 Kb

Obteve-se uma razão de compressão média de 14.6:1, ou seja, uma redução de aproximadamente 92 % de espaço, ao transformar a imagem PBM em um arquivo de texto ASCII.

A imagem ao ser descomprimida, ou decodificada, apresenta-se exatamente igual à imagem original que foi comprimida, ou seja, o método de compressão aplicado ocasiona 0% de perdas de informação. Assim, proporciona a garantia de que o exame não é alterado durante sua compressão. Um exemplo de sinal comprimido e descomprimido é mostrado na figura 5.



**Figura 5 – Imagem de ECG original à esquerda e imagem descomprimida à direita**

Os arquivos de texto gerados possuem uma quantidade de caracteres proporcional ao tamanho da imagem. Esses caracteres poderão ser então enviados por SMS, do ECG móvel para um celular conectado ao computador de um médico.

## **5. CONCLUSÃO**

Neste trabalho foi descrito um método de compressão baseado em RLE e em compressão ASCII utilizado na compressão de imagens de ECG para possibilitar sua transmissão via SMS. A união do algoritmo RLE com o algoritmo de compressão ASCII desenvolvido nesta pesquisa obteve resultados bastante promissores para o pleno desenvolvimento do ECG MÓVEL.

## **REFERÊNCIAS**

- BORGES F. F. e LEITE J. T. F. Sistema para telemetria de sinais biomédicos usando telefonia celular. *In*: XII CONGRESSO ARGENTINO DE BIOENGENHARIA (SABI), 2001b.
- BORGES, F. F. Sistema para telemetria da frequência cardíaca utilizando telefonia celular. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v. 17, n. 2, p. 97-110, mai/ago 2001a.
- MENGYI PU, Ida; **Fundamental Data Compression**. 1.ed. London; Butterworth-Heinemann, 2005.
- MOORE, M. The evolution of Telemedicine. **Future Generation Computer Systems**. Elsevier. V. 15, pp. 245-254, 1999.

MUNARO, C. J.; AMARAL, P. F. S.; BASTOS, L. P.; ALVES, R. L e COSTA, W. T. Contribuições ao uso de telefonia celular para a supervisão remota de processos. *In*: INDUSCON, Salvador, BA, Brasil. Julho de 2002.

MUNARO, C. J.; OLIVEIRA, A. J. e CHAGAS, T. P. Monitoramento remoto de processos usando WEB, WEAP e telefonia celular. *In*: IV SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO – IV SNCA, 2005, Salvador - BA.

MURATORI, J. R. *Panorama atual do mercado de automação residencial*. **Revista Lumiere**, abril de 2004.

NEVES, R. P. A. A. *Espaços Arquitetônicos de Alta Tecnologia: os edifícios inteligentes* (Dissertação de Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2002.

SALOMON, David; **Data Compression – The Complete Reference**. 4.ed. London; Springer-Verlag London Limited, 2007.

SANTOS, D. S. **Rastreamento e telemetria de veículos usando a comunicação de dados de alta velocidade disponível na telefonia celular**. 2004. Tese (Dissertação de Mestrado) - Departamento de Engenharia Eletrônica e Computação, Instituto Tecnológico da Aeronáutica, 2004.

SILVA, A. B. **Telemetria em sistemas de comunicação móvel celular**. 2005. 141p. Tese (Projeto final de graduação) - Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, 2005.

ZAMBENEDETTI, V. C.; COUTINHO, F. R.; BARBIERO, A. A.; SIQUEIRA, R. P.; PEREIRA, J. G. e HEXSEL, R. A. Uso de comunicação celular digital utilizando 2.5G para sistemas de automação de energia elétrica. *In*: VI SIMPÓSIO DE AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS (VI SIMPASE), 2.,2005, São Paulo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao CEFET-MA pela bolsa de Iniciação Científica e à FINEP pelo financiamento da pesquisa.