

# Biomedical Data Management and Processing - A New Framework

Fernando S. Ribeiro Junior, Victor Hugo C. de Albuquerque, Rafael Carneiro G. Fernandes and  
João Manuel R.S. Tavares, membro IEEE

**Abstract**— The integration of information from biomedical devices is of fundamental importance for effective medical diagnosis. In this sense, the present work aimed to develop a new framework able to manage and process biomedical data in real time. The major advantage of the proposed solution is the ability to add new medical devices and integrate their results with the existing ones. The devices tested include brainwave sensors, a baropodometric treadmill and a biomedical kit composed of a patient position sensor (accelerometer), glucometer, body temperature, blood pressure, pulse and oxygen in blood, airflow, galvanic skin response and electrocardiogram sensors. From the tests conducted, it can be concluded that the proposed framework is robust, accurate and fast, and can manage and process large volumes of data in real time. Customizable graphs can be built from the electroencephalogram signals acquired during patient gait, which can be analyzed based on barographic image registration. Finally, it can be concluded that the framework is quite promising to be used to assist medical diagnosis and improve and accelerate the treatment of patients.

**Keywords**— Biomedical sensors, Baropodometry, Mindwave, Medical devices.

## I. INTRODUÇÃO

Conforme a necessidade de desenvolver sistemas inteligentes para diversos tipos de cenários, surgem a cada momento diversos tipos de soluções para inúmeros problemas do mundo real. Em qualquer área é possível utilizar um sistema informatizado para auxiliar e/ou solucionar um determinado problema.

Neste contexto, a área da Saúde apresenta inúmeras tarefas e aplicações que podem ser realizadas por meio de sistemas inteligentes, desde a utilização da tecnologia para auxiliar no gerenciamento e processamento de dados clínicos em simples planilhas informatizadas, até a criação de um modelo robusto de gerenciamento desses dados [1-7].

Diante do exposto, o desenvolvimento de um *framework*, simples e robusto, com capacidade de gerenciar e processar dados biomédicos em tempo real é de fundamental importância para correlacionar resultados clínicos. Por exemplo, para correlacionar o sinal do EEG com imagens de pedobarografia de um paciente com doença de Parkinson durante tratamento em uma pista de marcha através da geração

de gráficos customizados, como é proposto neste trabalho. O *framework* proposto pode ser estendido para outras áreas de estudo, possibilitando o auxílio ao diagnóstico e ao acompanhamento de diversas patologias. Desta forma, é possível reduzir o tempo do tratamento de reabilitação de pacientes e auxiliar os especialistas em um diagnóstico mais rápido e preciso por meio da utilização de técnicas computacionais para o gerenciamento e processamento dos dados biomédicos adquiridos por diferentes sensores.

Além do mais, com a utilização do *framework* proposto, os diagnósticos/laudos elaborados pelos especialistas da área de Saúde são mais fidedignos. Isso ocorre devido ao processo de interpretação de diversos tipos de dados fornecidos por dispositivos biomédicos comuns estarem integrados numa mesma plataforma, com uma interface gráfica amigável. O sistema proposto executa o gerenciamento e o processamento em tempo real para fornecer, em tempo hábil, um modelo gráfico simples e organizado capaz de auxiliar profissionais da área de Saúde. O desempenho do *framework* foi devidamente avaliado com dados advindos de diferentes tipos de sensores biomédicos.

## II. METODOLOGIA

Nesta seção são apresentadas as técnicas computacionais e os dispositivos experimentais relacionados com o desenvolvimento e com o teste do *framework*. Assim, são apresentados e definidos os dispositivos utilizados: um sensor de ondas cerebrais (*Mindwave*), um dispositivo de baropodometria eletrônica e um *kit* biomédico. Em seguida, é feita uma descrição dos procedimentos considerados para a integração desses dispositivos no *framework*.

Na Fig. 1 é apresentada a arquitetura do *framework* desenvolvido, incluindo os dispositivos considerados experimentalmente, bem como a interconectividade entre as diversas partes (camadas) da mesma.

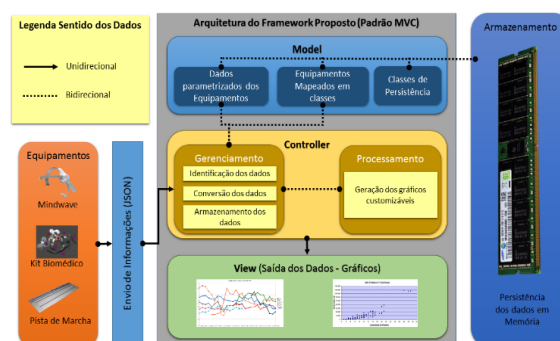


Figura 1: Arquitetura do *framework* proposto.

F. S. Ribeiro Junior, V. H. C. de Albuquerque and R. C. G. Fernandes, Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada (PPGIA), Fortaleza, Ceará, Brasil, [fernandojr@hotmail.com.br](mailto:fernandojr@hotmail.com.br), [victor.albuquerque@unifor.br](mailto:victor.albuquerque@unifor.br), [rafael.autonamus@gmail.com](mailto:rafael.autonamus@gmail.com).

João Manuel R.S. Tavares, Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Porto, Portugal, [tavares@fe.up.pt](mailto:tavares@fe.up.pt).

### A. Sensor de ondas cerebrais

Um sensor de ondas cerebrais da empresa *NeuroSky*, cujo modelo é o *MindWave Mobile* [8], foi utilizado neste trabalho para avaliar o nível de atenção e de relaxamento/meditação de pacientes. O dispositivo fornece informações em tempo real, sendo constituído por um módulo de comunicação *bluetooth* integrado ao mesmo, o qual permite enviar as informações coletadas em tempo real para sistemas compatíveis com esta tecnologia de comunicação

### B. Baropodômetro eletrônico

As pistas de marcha, também conhecidas como dispositivos de baropedobarografia, são utilizadas para mensurar a intensidade das pisadas realizadas por um indivíduo, sendo utilizadas, por exemplo, no estudo biomecânico do pé diabético, assim como na área de ortopedia e reabilitação.

Nesta área, a avaliação de um paciente durante o tratamento é realizada por um técnico especialista, uma vez que este exame clínico é bastante complexo e composto por uma grande quantidade de dados. Neste trabalho, é utilizado um baropodômetro eletrônico [9] capaz de auxiliar o tratamento de pacientes com base em procedimentos estáticos e dinâmicos.

### C. Kit de sensores biomédicos

O kit de sensores biomédicos integrado no *framework* é composto pelo *e-Health Sensor Platform* [10], que é uma plataforma constituída por sensores biomédicos e um sistema de processamento de sinais, da empresa ©Libelium, estando o mesmo integrado a um microcontrolador AVR<sup>1</sup>. A sua funcionalidade é de mensurar, armazenar e transmitir as informações adquiridas pelos sensores incluídos, em particular: temperatura corpórea, nível percentual de oxigênio dissolvido no sangue, frequência cardíaca, atividade elétrica do coração, fluxo de ar respiratório, nível de sudorese e posicionamento do paciente.

É importante salientar que a integração de dispositivos biomédicos é de fundamental importância no processo de avaliação do quadro clínico de pacientes. Neste caso, por exemplo, é possível analisar a evolução de um paciente correlacionando informações de marcha e postura (obtidas por baropedobarografia) com seu nível de atenção/relaxamento (com base nos dados obtidos pelo sensor de ondas cerebrais), bem como os seus sinais (eletro)fisiológicos (obtidos pelo *kit* biomédico). Desta forma, tem-se uma avaliação mais precisa e rápida por parte dos especialistas, reduzindo o tempo de tratamento e reabilitação.

### D. Solução proposta

Atualmente, existe uma grande dificuldade na leitura e interpretação de dados biomédicos devido as suas disposições. Na maioria das vezes, as informações provenientes de diversos equipamentos biomédicos são analisadas separadamente em formatos de relatórios/textos complexos.

<sup>1</sup> Microcontrolador AVR: é um microcontrolador RISC de chip único com uma arquitetura Harvard modificada de 8-bit ( $\mu$ C), desenvolvido pela Atmel em 1996.

Isso justifica a importância do *framework* desenvolvido por ser uma ferramenta de auxílio ao diagnóstico médico por meio da apresentação dos dados obtidos numa interface gráfica amigável.

Em uma análise convencional/tradicional, as informações adquiridas são apresentadas de forma que somente um especialista da área consegue interpretar e analisar todos os dados envolvidos. Além do mais, tal fato cria uma barreira para os próprios pacientes, uma vez que ficam impossibilitados de entenderem os seus próprios resultados.

Diante dessas dificuldades, o *framework* desenvolvido possui grande flexibilidade, podendo integrar diferentes equipamentos biomédicos que exportem os seus resultados utilizando tecnologia de transferência de dados *bluetooth*. Assim, qualquer tipo de equipamento que satisfaça os requisitos pode ser integrado facilmente por uma pessoa que tenha conhecimentos básicos em programação. Com isso, o *framework* possibilita a visualização eficiente dos dados biomédicos adquiridos, proporcionando um menor esforço por parte do especialista.

A arquitetura foi desenvolvida de forma propositada com cariz de rede local para proporcionar maiores eficiência e eficácia durante o processamento e gerenciamento dos dados. Assim, não são necessários mecanismos de segurança, já que os equipamentos, o *framework* e os dados adquiridos estão sempre numa rede dedicada e fechada.

Na Tabela II são apresentadas as divisões das etapas do *framework* proposto com base na arquitetura apresentada na Fig. 1.

Tabela I. Etapas do *framework* proposto.

ETAPA	SUB-ETAPAS
Gerenciamento	- Identificação da origem dos dados - Conversão dos dados - Armazenamento dos dados
Processamento	- Criação das estruturas de armazenamento das informações - Geração do gráfico customizável

### E. Tecnologias utilizadas e interação com os equipamentos

Para facilitar a implementação e manutenção do código fonte, o *framework* foi desenvolvido baseado nas instruções e conformidades do padrão *Model View Controller (MVC)*, fazendo com que a segregação de cada parte do código pudesse desempenhar a sua respetiva função sem perder a interação com as outras camadas do *framework*. Além de aumentar a confiabilidade, por possuir uma grande comunidade ativa que corrige e afere novas versões, possui vasta documentação em diversas línguas como, por exemplo, *CSharp*, *Visual Basic .NET* e *FSharp*, tornando-o uma opção flexível e com grande potencialidade de integração com outras plataformas e linguagens computacionais.

Entretanto, o *framework* desenvolvido não atua como um simples *software*, uma vez que possui integrações diversas entre vários periféricos e módulos auxiliares promovendo troca de informações por meio de um elo entre os periféricos e o computador; esse elo é chamado de soquete. Exemplos de sistemas que podem ser integrados por meio dessa tecnologia são os módulos usados neste trabalho, como a pista de marcha, o sensor de ondas cerebrais e o *kit* biomédico. A conexão do

*framework* ocorre através de soquetes, destinados a sua integração com os equipamentos de terceiros.

Na etapa de gerenciamento, existe a sub-etapa de identificação da origem dos dados. Para que isso ocorra perfeitamente, é necessário que todos os equipamentos estejam conectados ao *framework*. Visando uma comunicação simples, rápida e de fácil integração com a maioria dos equipamentos atuais, e por ser um modelo de armazenamento e transmissão de informações no formato texto bem preciso, o JSON (*JavaScript Object Notation*) foi utilizado. Em comparação com outros protocolos de comunicação que envolvem equipamentos médicos como, por exemplo, o DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) usado para compartilhar dados de imagens médicas [11], o JSON é mais simples e intuitivo.

O formato leve de transmissão de dados computacionais do JSON oferece uma estrutura simples (baseada em caracteres de textos) e robusta, facilitando a sua escrita com um analisador JSON qualquer e executando mais rapidamente as trocas das mensagens quando comparada, por exemplo, com a linguagem de marcação extensível (*eXtensible Markup Language*). Além do mais, com a utilização do formato JSON, elimina-se a necessidade de analisar e interpretar protocolos individuais de cada equipamento integrado no *framework*.

Neste contexto, a utilização do formato JSON possibilita a serialização dos dados biomédicos que, em outras palavras, é o processo de persistir às informações em um meio de armazenamento ou até mesmo transmiti-las por uma conexão de rede em várias formas como, por exemplo, em formato de texto ou em formato binário. Dentre estas opções, foi selecionado, devido à maneira mais simples de trabalhar com estas informações e, juntamente com a possibilidade de suporte dos próprios equipamentos, o formato de texto que melhor se encaixa nesses requisitos.

O protocolo JSON foi utilizado na transferência dos dados biomédicos de todos os equipamentos integrados no *framework* proposto. A estrutura principal criada padroniza as informações em comum entre os equipamentos como, por exemplo, o nome do equipamento, o fabricante e o modelo. De acordo com a quantidade de equipamentos que estiverem integrados, é necessário somente parametrizar as informações que serão enviadas para o *framework*. Todos os atributos dos equipamentos integrados são mapeados no *framework* e serializados.

Na sub-etapa, o *framework* recebe vários protocolos por segundo para manter a taxa constante de recebimento dos dados e proporcionar o gerenciamento e o processamento em tempo real. Para que isso seja possível, a taxa de envio dos dados biomédicos não pode ultrapassar um segundo. Caso este tempo seja bastante ultrapassado, pode existir um acúmulo de informações no *framework* e ocasionar perdas de processamento.

Após receber as informações serializadas, foi iniciada a sub-etapa de identificação dos dados para reconhecer a origem das informações. Para tal, uma nova sub-etapa ocorreu: a conversão dos dados, em que é realizado o processo inverso da serialização (desserialização), no qual a cadeia de caracteres é convertida para objetos já pré-definidos no sistema. A partir disso, o fluxo do *framework* pode prosseguir. De posse destas informações estruturadas, realiza-se a última

sub-etapa do gerenciamento, que corresponde ao armazenamento das informações na memória do computador. Assim, conseqüentemente, inicia-se a etapa seguinte, no caso, o processamento.

Nesta etapa, são criadas todas as estruturas (objetos) que servirão de fontes para a criação dos gráficos correspondentes aos valores oriundos de cada equipamento biomédico integrado. Estes dados, que estão armazenados em memória, são analisados de acordo com as escolhas do profissional da Saúde como, por exemplo, o tipo de gráfico a usar (de linhas ou de pontos) e quais indicadores ele deseja analisar no mesmo.

O *framework* possui, assim, uma interface bastante intuitiva e amigável que permite apresentar, de uma maneira unificada, os valores de todos os equipamentos integrados no *framework*.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta sessão são apresentados os resultados obtidos a partir dos experimentos realizados utilizando o *framework* proposto, nos quais são considerados os gráficos gerados para cada dispositivo, sem a sua integração no *framework*. Em seguida, é analisado o gráfico construído para os resultados gerados pelo *framework* correspondente à integração dos equipamentos biomédicos envolvidos neste trabalho. Finalmente, é realizada uma análise sobre a robustez do *framework* analisando seu desempenho e o custo computacional para gerenciar e processar os dados biomédicos adquiridos.

Conforme abordado anteriormente, o propósito deste trabalho foi realizar o gerenciamento e o processamento em tempo real, ou seja, a taxa de transferência de dados não poderá ultrapassar um segundo. Inicialmente, a taxa de transferência é avaliada considerando a quantidade de dados enviados e recebidos no momento do gerenciamento e durante o processamento. Posteriormente, são analisadas a robustez e as limitações do sistema proposto. Finalmente, as vantagens e desvantagens são discutidas.

#### A. Análise gráfica de dados biomédicos

Nesta seção são apresentados e discutidos todos os gráficos gerados pelos equipamentos integrados no *framework*. Todas as análises apresentadas foram desenvolvidas utilizando a interface de visualização de dados do *framework* proposto.

Na Fig. 2 é apresentada a interface do *framework* desenvolvido para análise dos dados provenientes dos dispositivos médicos, que correspondem à diagramação para cada uma das cinco áreas existentes (A-E), com o objetivo de:

- (A) apresentar todos os JSON que estão sendo enviados para o sistema;
- (B) mostrar os principais detalhes dos equipamentos integrados;
- (C) customizar, isto é, possibilitar ao profissional da Saúde escolher quais indicadores quer incluir ou retirar do gráfico;
- (D) gerar os gráficos referentes aos dados biomédicos adquiridos; e,
- (E) apresentar todas as mensagens geradas no *framework*.

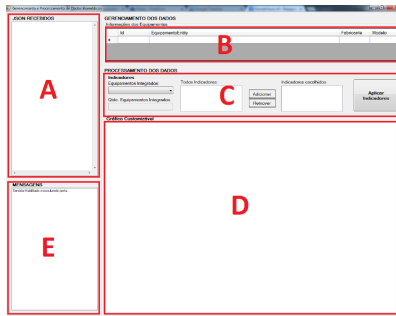


Figura 2. Interface do *framework* proposto.

Através desta interface, bastante intuitiva e de fácil interpretação, é possível acompanhar o quadro de evolução dos pacientes de forma rápida, segura e em tempo real, tornando o *framework* uma ferramenta bastante promissora para auxiliar nos tratamentos dos pacientes como um método alternativo de avaliação e acompanhamento da evolução do quadro clínico.

### B. Análise dos dados biomédicos por equipamento

Após apresentar as áreas existentes na interface de visualização do *framework*, é possível analisar individualmente os gráficos gerados por cada equipamento biomédico. Conforme referido anteriormente, os dados gerados pelos equipamentos dificultam uma leitura rápida e objetiva dos dados do paciente. Através da utilização da solução proposta, para gerenciar e processar os dados biomédicos, é gerado um gráfico simples que contém todas as informações necessárias capazes de auxiliar o especialista da área de Saúde na avaliação do quadro clínico de um determinado paciente.

Neste sentido, o *framework* proposto auxilia o profissional da área de Saúde na tomada de decisões importantes dentro do contexto real do quadro clínico do paciente.

### C. Análise após a Integração dos Dados

Além de uma análise por equipamento, o sistema gera gráficos sincronizados com todas as informações oriundas dos equipamentos envolvidos durante a avaliação de um paciente, determinando um cenário para cada etapa do tratamento. Com isso, o especialista pode concluir se o paciente está, por exemplo, atento durante o tratamento, relaxado mentalmente, ansioso, com postura correta, com batimentos cardíacos normais, entre outras informações provenientes dos dispositivos biomédicos integrados.

Diante do exposto, a funcionalidade do *framework* possibilita integrar as informações de diferentes tipos de equipamentos, sensores, entre outros dispositivos necessários para o processo de avaliação de pacientes em tempo real. É importante destacar que qualquer tipo de equipamento pode ser adicionado ao sistema proposto, tornando-o muito versátil e de fácil utilização. O gráfico gerado a partir dos dados biomédicos, ilustrando a integração dos sinais dos equipamentos envolvidos, é apresentado na Figura 3.

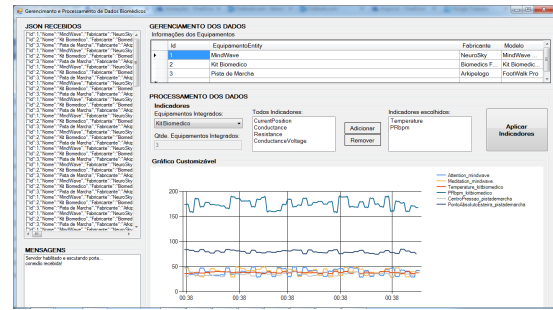


Figura 3. Ilustração dos dados biomédicos usando o *framework* desenvolvido.

### D. Análise da robustez

Nesta seção é realizada uma avaliação do desempenho e do custo computacional durante a fase de gerenciamento e processamento dos dados biomédicos pelo *framework* desenvolvido. A avaliação é realizada considerando os tempos de transferência e processamento dentro do valor máximo de transferência em tempo real (um segundo).

Para avaliação do custo computacional, foi utilizado um Notebook Dell Inspiron 14: Intel® Pentium® Processor T2390 (1M Cache, 1.86 GHz, 533 MHz FSB), 4GB de RAM e HD 320GB com sistema operacional Windows 8. É importante salientar que a robustez do sistema proposto foi avaliada considerando uma quantidade de protocolos enviados por segundo, variando de 7.500 até 10.500.

### E. Análise do Tempo de Transferência

Na Tabela III são mostrados os resultados adquiridos a partir do tempo de transferência dos dados biomédicos com diferentes quantidades de protocolos enviados dentro de um cenário padrão de utilização de soquetes como meio de envios e recebimentos dos protocolos.

Tabela II. Desempenho do *framework* proposto considerando o tempo de transferência.

CENÁRIO	PROTOCOLOS ENVIADOS	TEMPO DE TRANSFERÊNCIA [S]
A	7,000	0,8424
B	7,500	0,8892
C	8,000	0,9828
<b>D</b>	<b>8,500</b>	<b>0,9984</b>
E	9,000	1,0140
F	9,500	1,1076
G	10,000	1,2012
H	10,500	1,2948

De acordo com a Tabela III, o cenário mais propício para não ultrapassar o tempo limite de um segundo (para ser considerado tempo real) e otimizar toda a banda de transferência para poder enviar a quantidade máxima de protocolos é o **D**, fazendo com que todos os protocolos enviados sejam recebidos sem perda de processamento. Caso sejam considerados os cenários de **A-C**, a quantidade de protocolos enviados será menor, mas o *framework* ainda apresentaria excelentes resultados. Para os cenários **E-H**, a quantidade de transferência de protocolos chega a ser 19,05% maior que o cenário **D**, mas o tempo excede o 1s. Nestes cenários, a diferença máxima é de ~ 0,3 s (**H**).

### F. Análise do tempo de gerenciamento

Na Tabela IV são apresentados os valores referentes ao custo computacional relativos ao gerenciamento dos dados, desconsiderando o tempo de transferência dos mesmos.

Tabela III. Desempenho do *framework* proposto considerando o tempo de gerenciamento.

CENÁRIO	PROTOCOLOS ENVIADOS	TEMPO DE GERENCIAMENTO [s]
A	7,000	0,9324
<b>B</b>	<b>7,500</b>	<b>0,9792</b>
C	8,000	1,0728
D	8,500	1,0884
E	9,000	1,1040
F	9,500	1,1976
G	10,000	1,2912
H	10,500	1,3848

Analisando todos os cenários simulados e gerenciados, é observado que a etapa de gerenciamento representa ~ 10,7% a mais em relação ao tempo de transferência dos dados (Tabela III). Este aumento do tempo é justificado pelo processo de separação das informações (quebra dos protocolos), que mesmo sendo um processo rápido, não deixa de ser oneroso ao computador, além de definir toda a estrutura utilizada na próxima etapa (etapa de processamento). Desta forma, destaca-se, considerando o tempo máximo de um segundo definido, a quantidade de 7.500 protocolos enviados sem perder informações (cenário **B**), sendo totalmente gerenciados pelo *framework*, proporcionando todas as informações para a etapa seguinte (etapa de processamento). Se o cenário **A** for escolhido, não existiria perda de dados, mas o *framework* ficaria com tempo de processamento disponível, diferentemente do que ocorre para os cenários **C-H**.

### G. Análise do tempo de processamento

Na Tabela V são apresentados os tempos necessários para realizar a etapa de processamento dos dados.

Tabela IV. Resultados relativos à transferência de protocolos.

CENÁRIO	PROTOCOLOS ENVIADOS	TEMPO DE PROCESSAMENTO [s]
<b>A</b>	<b>7,000</b>	<b>0,9624</b>
<b>B</b>	<b>7,500</b>	<b>1,0092</b>
C	8,000	1,1028
D	8,500	1,1184
E	9,000	1,1340
F	9,500	1,2276
G	10,000	1,3212
H	10,500	1,4148

Tendo como principal informação a quantidade total de envio de protocolos, é observado, a partir das Tabelas III e V, um aumento aproximado de 14,2% no tempo de processamento em relação ao tempo de transferência, e um aumento de 3% em relação ao tempo de processamento. A etapa de processamento já considera os dados separados e estruturados perfeitamente. Contudo, é a fase que exige o maior custo computacional, uma vez que é responsável pelo processamento de todos os dados biomédicos e pela geração dos gráficos apresentados para o especialista.

De acordo com a Tabela V, os cenários **A** e **B** apresentam tempo de processamento igual ou superior ao estabelecido, no caso, um segundo. É importante ressaltar que o cenário **B**

ultrapassa o tempo limite em 0,0092 segundos, sendo este valor insignificante em termos de custo computacional.

A partir dos resultados obtidos para avaliação do custo computacional, os cenários **A** e **B** estão dentro dos cenários definidos para o *framework* proposto, uma vez que é possível transmitir, gerenciar e processar os dados biomédicos de forma segura, rápida e precisa. Assim, para ser em tempo real, o *framework* proposto está limitado a 7.500 protocolos enviados.

### H. Análise da influência da estação de teste sobre a eficiência do framework

Foi realizada uma análise comparativa entre duas estações de testes (*Personal Computer* - PC) para avaliar o custo computacional nas etapas de gerenciamento e processamento dos dados. A estação "A" corresponde a um Notebook Dell Inspiron 14: Intel® Pentium® Processor T2390 (1M Cache, 1.86 GHz, 533 MHz FSB), 4GB de RAM e HD 320GB, e o PC "B" a um Intel® Xeon® E3-1200 Quad Core 3.1GHz - 16GB de RAM c/ ECC e HD 1TB utilizando Windows 8 como sistema operacional. Na Tabela VI são apresentados os valores do custo computacional para cada quantidade e protocolos enviados.

Tabela V. Resultados para cada estação de teste (tempo em segundos).

C	PE	TT	TG PC A	TG PC B	TP PC A	TP PC B
<b>A</b>	7,0	0,8424	0,9324	0,3324	0,9624	0,3624
<b>B</b>	7,5	0,8892	0,9792	0,3792	1,0092	0,4092
<b>C</b>	8,0	0,9828	1,0728	0,4728	1,1028	0,5028
<b>D</b>	<b>8,5</b>	<b>0,9984</b>	<b>1,0884</b>	<b>0,4884</b>	<b>1,1184</b>	<b>0,5184</b>
<b>E</b>	9,0	1,0140	1,1040	0,5040	1,1340	0,5340
<b>F</b>	9,5	1,1076	1,1976	0,5976	1,2276	0,6276
<b>G</b>	10	1,2012	1,2912	0,6912	1,3212	0,7212
<b>H</b>	10,5	1,2948	1,3848	0,7848	1,4148	0,8148

C = Cenário, PE = Protocolos enviados, TT = Tempo de transferência, TG = Tempo de gerenciamento e TP = Tempo de processamento

A partir dos resultados obtidos, percebe-se que o tempo de processamento para todas as etapas foi diretamente proporcional às configurações dos PC usados, sendo o *framework* capaz de se adequar perfeitamente a diferentes *hardwares*.

Uma das limitações do *framework* desenvolvido, conforme os dados da Tabela VI, é a dependência das configurações da estação de teste no que diz respeito aos tempos de gerenciamento e processamento. O tempo de gerenciamento e processamento da estação "B" foi reduzido, aproximadamente, em até 55% e 54%, respectivamente, em comparação com o PC "A". Além do mais, todos os tempos registrados para o PC "B" foram menores que o tempo máximo de funcionamento perfeito do sistema em tempo real. Entretanto, para o *framework* realizar as etapas em tempo real, não se deve considerar somente esses tempos, mas também analisar o tempo de transferência, que é responsável por limitar a quantidade de protocolos enviados devido ao tempo de 0,9984s. Neste caso, considerando o PC "B", o cenário mais indicado é o **D**, o qual apresenta um total de 8.500 protocolos enviados em tempo real, ou seja, foi possível aumentar a quantidade em 1.000.

O menor custo computacional entre a quantidade de protocolos enviados foi obtido pelo tempo de transferência,

seguido pelo gerenciamento e processamento, respetivamente, considerando o PC “A” como também o PC “B”. Esta diferença está relacionada à função de cada etapa, conforme explicado anteriormente. Finalmente, pôde-se comprovar que o *framework* proposto para realizar o gerenciamento e processamento de dados biomédicos é totalmente autoajustável, rápido e preciso, uma vez que não é obrigatoriamente necessário limitar seu uso a uma configuração específica de um determinado PC para que sua aplicação seja realizada com sucesso.

## VII. CONCLUSÃO

Devido à natureza complexa da análise e interpretação de dados biomédicos, a ferramenta proposta torna a avaliação do quadro clínico de pacientes menos onerosa e subjetiva, bem como mais rápida e robusta através da integração de diferentes equipamentos médicos e parametrização dos resultados.

Neste sentido, pode-se concluir que:

- (A) o *framework* proposto é simples, rápido e preciso para a manipulação de dados biomédicos em tempo real via soquete;
- (B) a integração entre os equipamentos biomédicos é bastante satisfatória;
- (C) a análise prévia dos protocolos de comunicação, utilizando o formato JSON, possibilita um melhor gerenciamento dos dados, assim como um processamento mais eficiente e eficaz;
- (D) a geração de gráficos customizáveis auxilia os profissionais da área de Saúde no tratamento de diversas patologias previamente identificadas;
- (E) a comparação entre diferentes taxas de transferência dos dados biomédicos permite validar o desempenho do *framework* com diversas cargas de dados de entradas.

## AGRADECIMENTOS

À FUNCAP pelo apoio financeiro, bem como ao CNPq *via* projetos de números # 470501/2013-8 e # 301928/2014-2.

## REFERÊNCIAS

- [1] R. Kettimuthu, R. Schuler, D. Keator, M. Feller, D. Wei, M. Link, L. Liming, J. Ames, A. Chervenak, I. Foster and C. Kesselman. “A Data Management Framework for Distributed Biomedical Research Environments”, IEEE International Conference on e-Science Workshops, 7-10 de dezembro, Brisbane, Queensland, 72-79, 2010.
- [2] K. Park, S. Lim and J. Park. “Data Synchronization Operations for a Monitoring System with a Very Large Number of PHDs”, Multimedia and Ubiquitous Engineering, Lecture Notes in Electrical Engineering, Springer Berlin Heidelberg, 308: 417-422, 2014.
- [3] K. Park and J. Pak. “An Integrated Gateway for Various PHDs in U-Healthcare Environments”, Journal of Biomedicine and Biotechnology, 2012, Article ID 954603, 2012.
- [4] K. G. Helmer, J. L. Ambite, J. Ames, R. Ananthkrishnan, G. Burns, A. L. Chervenak, I. Foster, L. Liming, D. Keator, F. Macchiardi, R. Madduri, J. P. Navarro, S. Potkin, B. Rosen, S. Ruffins, R. Schuler, J. A. Turner, A. Toga, C. Williams and C. Kesselman. “Enabling collaborative research using the biomedical informatics research network (BIRN)”, Journal of the American Medical Informatics Association 8 (4): 416-422, 2011.
- [5] E. Jimenez-Ruiz, R. Berlanga, I. Sanz, R. McClatchey, R. Danger, D. Manset, J. Paraire and A. Rios. “The Management and Integration of Biomedical Knowledge: Application in the Health-e-Child Project”, On the Move to Meaningful Internet Systems, Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin Heidelberg, 4278: 93-95, 2014.

- [6] S. Karimi, J. Zobel and F. Scholer. “Quantifying the impact of concept recognition on biomedical information retrieval”, Information Processing and Management 48(1): 94-106, 2012.
- [7] G. R. Gaudette and D. Kafel. “A Case Study: Data Management in Biomedical Engineering”, Journal of eScience Librarianship 1(3): 168-171, 2012.
- [8] Neurosky. “MindWave and MindWave Mobile”. Disponível em: <http://store.neurosky.com/products/mindwave-mobile>. Acesso em: 05 de dezembro de 2014.
- [9] Footwalk Pro. “Pista de marcha”. Manual do Usuário, 2002.
- [10] Kit Biomédico. “e-Health Sensor Platform V2.0”. Disponível em: <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/ehealth-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical>. Acesso em: 05 de dezembro de 2014.
- [11] O. S. Pianykh. “Digital Imaging and Communications in Medicine: A Practical Introduction and Survival Guide”. 2ª Edição, Springer, Nova Iorque, EUA, 2012.



**Fernando da Silva Ribeiro Júnior** é Bacharel em Ciências da Computação pela Faculdade Lourenço Filho (FLF), Fortaleza, Ceará, Brasil, em 2010. Mestre em Informática Aplicada pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Fortaleza, Ceará, Brasil



**Victor Hugo Costa de Albuquerque** é Doutor em Engenharia Mecânica com ênfase em Materiais pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB, 2010), Mestre em Engenharia de Teleinformática pela Universidade Federal do Ceará (UFC, 2007), Atualmente é Professor Adjunto I do Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada da Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Tem experiência em Sistemas Inteligentes, Visualização e Interação.



**Rafael Carneiro Gurgel Fernandes** é Engenheiro de Controle e Automação da Universidade de Fortaleza. Tem experiência na área de Engenharia Biomédica, com ênfase em Processamento de Sinais/Imagens, Realidade.



**João Manuel R. S. Tavares** licenciou-se em Engenharia Mecânica na FEUP em 1992. Obteve os graus de Mestre e de Doutor em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, também na FEUP, em 1995 e 2001. Em 2015 obteve a Agregação em Engenharia Mecânica pela Universidade do Porto. Tem organizado numerosas conferências e simpósios, bem como participado em comités de vários eventos. É coeditor de mais de 30 livros, (co-)autor de mais de 30 capítulos de livros e de 550 artigos em revista e conferência. É co-fundador e editor da série de livros “Lecture Notes in Computational Vision and Biomechanics” publicada pela Springer, e fundador e editor-chefe da revista “Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization” publicada pela Taylor & Francis. Para mais, ver: [www.fe.up.pt/~tavares](http://www.fe.up.pt/~tavares).