

Proposta de um sistema Wi-Fi para monitoramento de sensores sem fio e armazenamento em nuvem

Marcus Vinícius Meireles Silva
Faculdade de Engenharia Elétrica
Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia, Brazil
ORCID: 0000-0001-5626-3836

Sérgio Ricardo de Jesus Oliveira
Faculdade de Engenharia Elétrica
Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia, Brazil
ORCID: 0000-0003-2294-2018

Joanathan Ferreira Paula
Faculdade de Educação Física
Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia, Brazil
ORCID: 0000-0003-1721-1720

Abstract — Signal monitoring is very important in all science areas, especially in health area, allowing identify pathologies and contributing to improving physical and emotional performance among other benefits. In this way, the project proposes the development of a wearable device named RunWizard for monitoring physiological and biomechanical signals, aiming to promote the subject mobility and comfort, from wireless sensors monitoring system. The sensors will transmit the captured signals to the data concentrator – DataCon. The received signals by DataCon will be processed and sent to an Android smartphone, through Wi-Fi communication. On the smartphone, an application will show the outcomes using graphics, histories, and sound feedbacks, sent to the subject from a Bluetooth headphone. The captured signals will be saved in a local and cloud data bank, offering security and data availability. In the current stage of the project, a prototype for validation of the RunWizard system architecture was developed, mainly when referring to the Wi-Fi network establishment involving sensor modules, smartphone, and DataCon module, this last one working as an access point for Wi-Fi network. The preliminary results are motivating and in syntony with the defined aim at the beginning of the project.

Keywords — WSN, Wi-Fi, Monitoring, WBAN, Sensors

I. INTRODUÇÃO

O monitoramento é definido como sendo o processo de acompanhar, analisar e observar algo, visando atingir objetivos estabelecidos previamente. As etapas de um monitoramento se baseiam na coleta, medição e disseminação de informações coletadas e avaliação dos dados a fim de se efetuar melhorias [1].

Na área da saúde, o monitoramento de sinais biomédicos é de extrema importância, visto que os sistemas *wearables* permitem aos médicos superarem as limitações dos ambulatórios através da tecnologia e fornecem uma resposta à necessidade de monitoramento a indivíduos durante semanas ou até meses [2]. Na área do esporte o monitoramento de sinais fisiológicos e biomecânicos promovem aos treinadores diversos dados desde a distância percorrida durante o treinamento, até os níveis de oxigenação sanguínea, batimento cardíaco, temperatura etc., possibilitando assim diversas análises.

Monitorar sinais fisiológicos durante a realização de exercícios físicos é essencial para se conhecer os limites físicos do atleta durante a prática esportiva e assim estimar a eficiência dessa prática, ao mesmo tempo em que pode

contribuir para evitar lesões. Como exemplo, o monitoramento do batimento cardíaco e pressão arterial, após o processamento, é possível determinar o consumo de oxigênio do miocárdio e, com isso, avaliar a solicitação do sistema cardiorrespiratório, o que proporciona um melhor controle na prescrição da intensidade de determinados exercícios [3].

Os sistemas de monitoramento recentes, normalmente utilizam algum tipo de dispositivo *wearable*, tais como *smart watch*, sensores fixados ao corpo ou mesmo roupas dotadas de sensores etc.

Independentemente do tipo de dispositivo *wearable*, a comunicação sem fio entre os sensores e o sistema de armazenamento/processamento de dados são fundamentais nesse tipo de arranjo. Na maioria das aplicações a comunicação sem fio é realizada através do Wi-Fi, Bluetooth ou *ZigBee*.

O *Bluetooth* é um protocolo do padrão IEEE 802.15.1 e destina-se a conexão de equipamentos portáteis entre si, através de ondas de rádio em uma frequência de banda pública de 2,4 GHz e uma taxa de transmissão que chega a 1 Mbps entre 1 a 100 metros [4]. Sistemas com comunicações *Bluetooth* são vistos em dispositivos de medição de sinais fisiológicos sem fio [5].

O *ZigBee* é um protocolo de comunicação do padrão IEEE 802.15.4 e, igualmente ao *Bluetooth* possui baixo consumo de energia e opera na faixa de frequência de 2,4 GHz, contudo há uma grande limitação desse padrão de comunicação no que se refere a taxa de comunicação, que se limita a apenas 250 kbps, o que é fator limitante em aplicações envolvendo monitoramento de sinais que produzem grande volume de dados [4]. Devido a isso, as maiorias das aplicações para o *Zigbee* na área biomédica envolvem a transmissão de sinais que apresentam baixo volume de dados, como é o caso do eletrocardiograma (ECG) ou temperatura corporal [6].

O Wi-Fi é um protocolo de comunicação sem fio do padrão IEEE 802.11, mundialmente difundido e que opera na frequência de 2,4 GHz. Sua grande vantagem em comparação aos anteriores é a taxa de comunicação que pode chegar a 600 Mbps [4]. O Wi-Fi tem sido muito utilizado na área biomédica, em aplicações envolvendo IoT (*Internet of Things*) [7].

Por vezes, os dados produzidos a partir dos sinais monitorados, necessitam ser armazenados para posterior apresentação ou processamento. Nestes casos tem sido comum a utilização do armazenamento em nuvem. As vantagens de se trabalhar com esse tipo de armazenamento são inúmeras, tais como acessar os dados em quaisquer locais via internet, grande espaço para armazenamento e baixo custo de hardware e software, além de uma alta capacidade de

processamento [8]. Dentro da engenharia biomédica essa ferramenta é amplamente utilizada, envolvendo serviços de tele monitoramento que utilizam a internet das coisas e, além do armazenamento em nuvem, a computação em nuvem tem proporcionado importantes benefícios para o acompanhamento médico à distância [9]. Exemplo disso é o trabalho desenvolvido por Doukas et al. [10], no qual ele utilizou um dispositivo *wearable* para captura de movimentos dos membros inferiores e batimentos cardíacos, através de sensores localizados no corpo do usuário. Os dados coletados são armazenados em nuvem para posterior processamento e apresentação na tela do *smartphone*.

Atualmente, o monitoramento remoto tem sido utilizado em várias pesquisas e por diversos equipamentos. O *BioTracker* é um dispositivo que busca monitorar possíveis cochilos de motoristas ao volante, através de sensores ECG, de frequência cardíaca e de eletroencefalograma (EEG). Os dados são enviados a um *smartphone* via módulo Wi-Fi e comunicação *Bluetooth* conectado a um Arduino UNO, o qual faz o processamento dos sinais. Nesse equipamento são utilizados métodos não invasivos e de fácil manipulação pelo usuário para determinar os sinais de cansaço durante a direção do veículo. Contudo, pode-se ver que a utilização do Arduino Uno é um fator limitante, visto que precisa de um módulo Wi-Fi, este não é integrado ao microcontrolador, resultando em um aumento do custo do produto. Além disso, o Arduino, o módulo Wi-Fi e os circuitos que compõem o sistema ocupam grande espaço, diminuindo o conforto do usuário.

Trabalhos relacionados à aquisição remota de dados ECG e de eletromiografia (EMG) são bastante difundidos na literatura, como é o caso do trabalho do Santana [11] que propõe a construção de um sistema de aquisição de sinais de EMG e ECG para dispositivos Android. A proposta é a construção de uma rede via internet, através da construção de uma API que capta os sinais e os envia a um Arduino para processamento e este, por sua vez, os envia para um *smartphone* objetivando, por exemplo, apresentá-lo na tela do dispositivo. Esse projeto viabiliza o monitoramento de sinais em qualquer lugar e em qualquer momento, além de poder auxiliar na análise e identificação de patologias comuns. Entretanto, como o armazenamento é feito somente na nuvem, se o usuário estiver em um local de difícil conectividade ou se perder a rede, os dados coletados serão descartados e a falta de um banco de dados local para armazenamento em situações como essa torna-se fator limitante nesse projeto, já que, nesse caso, o monitoramento é feito apenas em tempo real.

Chao Li [12] propõe um sistema de monitoramento de doenças cardíacas que detecta os níveis de saturação de oxigênio no sangue, a pressão arterial e o eletrocardiograma do usuário e os envia diretamente a seu médico. Através de um *smartphone* Android o paciente pode acompanhar sua condição cardíaca, o que promove segurança, visto que ele pode ter acesso a seu estado cardíaco e caso necessário seja conduzido a uma emergência. A proposta promove um acompanhamento remoto da saúde do usuário, uma vez que o histórico do paciente fica armazenado e o médico possui acesso sempre que desejado. Nesse sistema, como é apontado pelo autor, há altas taxas de tráfego de dados. Com isso, o dispositivo é limitado com relação ao número de usuários, pelo fato de a aplicação oferecer monitoramento em tempo real do paciente e a comunicação entre sensores e *smartphone* ser via *Bluetooth*, para que posteriormente seja transmitido à

internet. Isso pode gerar um retardado no envio das informações que necessitam de alta demanda de transporte de dados.

Dentro deste contexto, este projeto propõe o desenvolvimento de um dispositivo *wearable* para monitoramento de sinais fisiológicos e biomecânicos, visando promover ao usuário mobilidade e conforto, a partir de um sistema de sensores sem fio. Além disso, o sistema contará com processamento local e armazenamento de dados local e em nuvem, sendo eficiente inclusive em locais sem internet. Outra função que o sistema apresenta é um recurso de notificação sonora para fornecer ao usuário *feedbacks* em tempo real.

De forma mais específica os objetivos deste projeto são:

1 - Desenvolver um dispositivo *wearable* para captura dos sinais fisiológicos e biomecânicos, processá-los e enviá-los a um *smartphone* para serem exibidos pelo aplicativo nele instalado;

2 - Desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis (*smartphones*) que se comunique de forma sem fio com o dispositivo *wearable* desenvolvido.

3 - Desenvolver um sistema sem fio via *Bluetooth* que envie notificações de áudio para o usuário sobre dados coletados através de fones de ouvido.

4 - Desenvolver elementos gráficos para visualização dos parâmetros monitorados;

5 - Desenvolver uma rede sem fio via protocolo Wi-Fi, capaz de integrar o *smartphone* e os sensores;

6 - Desenvolver um banco de dados local e outro em nuvem para armazenar os sinais monitorados.

II. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

A. Visão Geral

O projeto proposto consistirá em um dispositivo *wearable* integrado a um aplicativo para *smartphone*. O dispositivo possibilitará, como descrito anteriormente, o monitoramento de sinais fisiológicos e biomecânicos. Os sensores transmitirão, de forma sem fio, os sinais capturados para um concentrador de dados, dito como DataCon. Os sinais recebidos por ele serão processados e enviados para o *smartphone*, a partir da comunicação *Wi-Fi*. No *smartphone* um aplicativo mostrará os resultados na forma de gráficos, históricos e *feedbacks* sonoros, enviados via fones de ouvido *Bluetooth*, como mostrado na figura 1. Os sinais coletados ficarão armazenados em um banco de dados local e em nuvem, garantindo maior segurança e disponibilidade dos dados.

B. Comunicação sem fio

A comunicação do sistema será de forma sem fio, através do protocolo de comunicação *Wi-Fi* e *Bluetooth*. O primeiro será responsável pelo envio de informações dos sensores para o concentrador de dados e deste para o *smartphone*. O *Bluetooth* será utilizado para enviar os dados do *smartphone* para o fone de ouvido sem fio, objetivando fornecer ao usuário *feedback* em tempo real, a partir dos sinais monitorados.

Nessa concepção, o módulo DataCon atuará como ponto de acesso e, portanto, gerenciando a comunicação *WiFi* entre sensores e *smartphone*. Este modelo de comunicação em rede será concebido a partir da topologia em estrela e a forma de

comunicação será do tipo cliente-servidor. O DataCon exercerá o papel de cliente dos módulos sensores, realizando requisições e recebendo os dados monitorados e como servidor do *smartphone* respondendo a suas requisições.

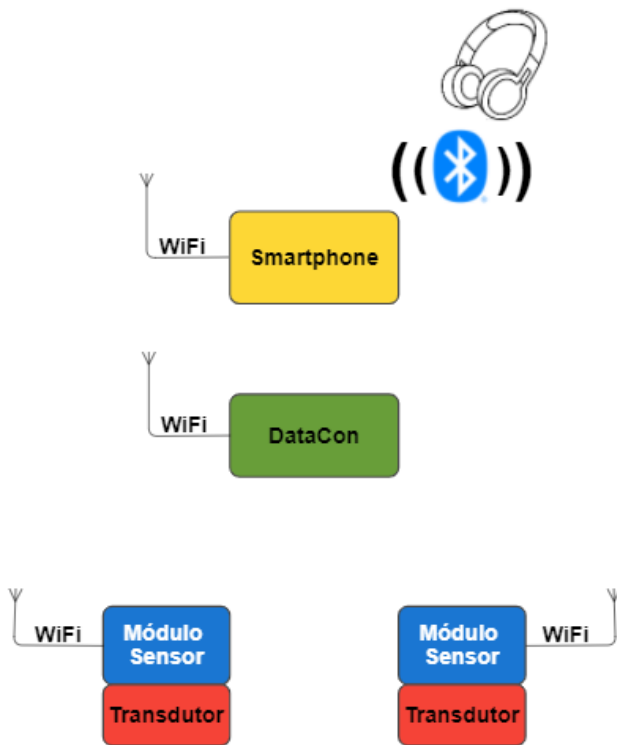


Figura 1 Diagrama estrutural do sistema.

C. Módulo Sensores

Os módulos sensores utilizados nesse dispositivo serão capazes de captar, ler e enviar ao módulo DataCon os sinais fisiológicos ou biomecânicos monitorados. Estes módulos deverão ser leves, pequenos e consumir pouca energia, uma vez que serão alimentados por bateria e ficarão acoplados ao corpo do usuário e, portanto, devem oferecer algum conforto durante o uso.

Vale ressaltar que o módulo sensor será concebido de forma a oferecer recursos para receber sinais analógicos ou digitais. No caso dos sinais analógicos a leitura será a partir de um conversor A/D de 12 bits. Os sinais digitais poderão ser lidos pelo módulo sensor a partir dos seguintes protocolos de comunicação serial: UART, SPI e I2C.

Pelo exposto pode-se perceber que o módulo sensor será composto por duas partes. Sendo uma o circuito eletrônico para captura e condicionamento da informação monitorada e outra sendo o circuito que receberá essa informação, seja ela digital ou analógica, e a transmitirá para o módulo DataCon.

Tal estratégia permitirá que o monitoramento sem fio dos mais diversos tipos de sinais possa ser realizado. Essa característica de separação dos circuitos de captura e de transmissão do sinal monitorado é uma das mais importantes do sistema RunWizard, uma vez que o leque de aplicações para esse sistema torna-se bastante amplo e as adequações para cada tipo de aplicação resume-se na construção apenas do circuito de captura do sinal e adequação do aplicativo do *smartphone* para processamento e apresentação dos resultados do processamento dos sinais capturados.

D. Concentrador de dados

O módulo concentrador de dados será composto por uma placa do tipo ESP32 fabricado pela empresa Espressif. Ele deverá armazenar os dados lidos pelos sensores e responder às solicitações do *smartphone*. A estrutura de operação do sistema será orientada a eventos, sendo estes provenientes de temporizações para leitura dos sensores e do recebimento de dados do *smartphone*. Após o atendimento a cada evento, o sistema entra em estado ocioso até a ocorrência de um novo evento. Com tal estratégia espera-se diminuir o tempo de resposta do sistema e o consumo de bateria, visto que o estado ocioso consome pouco processamento da CPU e, portanto, menos energia.

E. Aplicativo e Smartphone

Este projeto também utilizará um *smartphone* com sistema operacional Android, destinado a executar o aplicativo para configuração do dispositivo, recebimento e processamento dos dados coletados pelo DataCon, apresentação dos resultados obtidos na tela e envio de mensagens de áudio para o usuário, via fones de ouvido.

O aplicativo executado no *smartphone* deverá enviar para o concentrador de dados - DataCon as informações relativas às configurações dos módulos sensores e do próprio DataCon, além de apresentar em sua tela, gráficos e análises estatísticas gerados a partir dos dados coletados e processados. Por fim, o aplicativo irá gerar mensagens sonoras para o usuário, orientando-o sobre os resultados obtidos a partir da análise dos sinais coletados, como por exemplo, se a faixa de batimento cardíaco previamente estabelecida no aplicativo for, por alguma razão, extrapolada.

O *smartphone* deverá ter conexão com a internet para se comunicar como o banco de dados em nuvem e conexão via *Bluetooth* para que ele possa se comunicar com os fones de ouvido sem fio para envio de mensagens ao usuário.

Assim, pode-se perceber que o usuário, via aplicativo, terá acesso a todos os sinais coletados pelos sensores de forma instantânea. Os bancos de dados local e em nuvem possibilitarão o acesso ao histórico de todos os dados monitorados, permitindo que o usuário tenha acesso a eles, mesmo na ausência de internet.

F. Banco de dados e criptografia

O *firmware* utilizará o armazenamento em nuvem gerenciado pelo *Firebase*, que é o sistema de banco de dados virtual da *Google*. Os dados serão enviados periodicamente pelo *smartphone* ao banco de dados em nuvem, que armazenará os dados processados a partir de identificadores, ou seja, cada usuário do sistema terá uma pasta local e seus dados enviados serão diferenciados a partir de *id's* e acessados pelo aplicativo, sempre que solicitado pelos mesmos identificadores.

Por se tratar de sinais fisiológicos e biomecânicos, é necessário que esses dados sejam criptografados, ou seja, devem ser modificados e transformados em códigos e só podem ser lidos pelo aplicativo do próprio usuário. Isso deve ser realizado a fim de que, se os dados forem interceptados, não possam ser lidos. Assim, a criptografia de dados será realizada pelos módulos sensores, que os enviará já criptografados para o DataCon e deste para o *smartphone*, o qual fará a decifração para processamento e apresentação dos dados.

G. Validação do Sistema

A fim de se validar o sistema, diversos testes serão realizados, como a avaliação da distância de comunicação sem fio, a taxa máxima de transferência de cada sensor, a taxa máxima de transferência total da rede, avaliação da perda de dados durante a comunicação e avaliação da autonomia de energia do sistema.

A avaliação da distância máxima de comunicação sem fio será realizada distanciando-se os sensores do DataCon e, ao mesmo tempo, será avaliado se os dados dos sensores serão recebidos com sucesso. Em afirmativo, a distância é aumentada até que a comunicação se torne falha. Estratégia similar será utilizada para avaliar a distância máxima, com comunicação íntegra, entre o DataCon e o *smartphone*.

A validação da taxa máxima de transferência de cada módulo sensor do sistema será realizada solicitando ao módulo sensor que envie dados frequentemente ao DataCon, operando no máximo desempenho. Ao mesmo tempo será avaliada integridade dos dados recebidos e, se houver perda de dados, o nível de desempenho do módulo sensor será diminuído até que a comunicação possa ocorrer sem perda de dados.

A partir disso, pode-se encontrar a taxa máxima de transferência da rede. Isso será obtido realizando-se solicitações a vários sensores ao mesmo tempo e será avaliada a taxa de transferência de dados que o DataCon suportará receber dos sensores operando simultaneamente, ao mesmo tempo que os envia ao *smartphone*.

A autonomia total de energia é um teste no qual o sistema será submetido em um funcionamento normal, o qual há o envio e recebimento dos dados dos sensores ao DataCon e deste ao *smartphone*. A partir disso, os níveis de bateria dos sensores e do DataCon serão avaliados até que o funcionamento do sistema seja inviabilizado por falta de energia em alguma das baterias do sistema (módulos sensores e DataCon).

Por fim, será definido o modelo de criptografia a ser utilizado no RunWizard e implementação nos módulos sensores. Feito isso, serão feitos testes de transmissão de dados encriptados dos sensores para o DataCon e deste para o *smartphone* e, neste último, os dados serão decriptados e comparados com os dados originais para validação do processo de criptografia.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foram desenvolvidos testes para validação da proposta. A figura 2 mostra uma montagem com parte do módulo DataCon, um módulo sensor de temperatura e um módulo sensor inercial. Ainda na figura, observa-se um *smartphone* executando um aplicativo para receber os dados dos sensores via DataCon e apresentá-los em sua tela. Todos esses módulos estão interconectados via rede Wi-Fi estabelecida pelo DataCon, o qual possui a função adicional de operar como ponto de acesso de rede Wi-Fi.

O funcionamento do sistema ocorre de acordo com o descrito anteriormente, onde os sensores de temperatura e inercial enviam, em tempo real, dados para o DataCon a partir da rede Wi-Fi. Através desta mesma rede o DataCon envia os dados para o *smartphone* que os apresenta na tela do aplicativo e quando conectado à internet, o aplicativo do

smartphone envia os dados para o *Firestore* que, por sua vez, os armazena em nuvem.

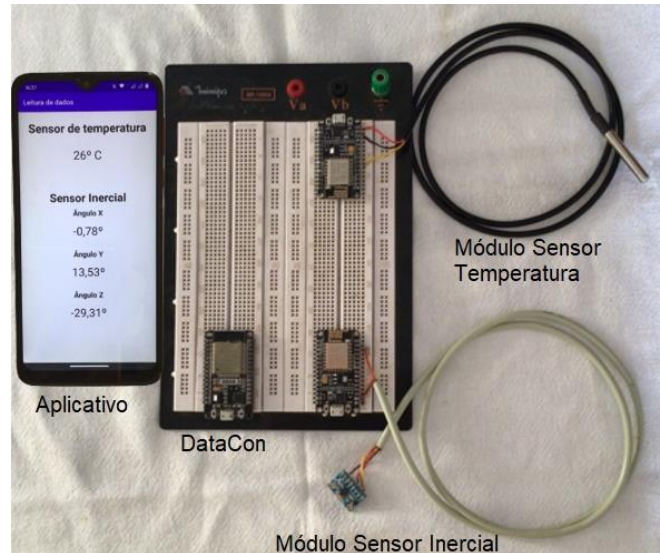


Figura 2 Prévia de funcionamento do sistema

Por esta estrutura percebe-se que o DataCon realiza diversas funções na operação do sistema: criação e coordenação de rede Wi-Fi, na qual ele opera como ponto de acesso conectando os módulos sensores e o *smartphone*, armazenamento temporário dos dados recebidos dos sensores e transmissão destes dados para o *smartphone*. Este último é responsável pela execução das funcionalidades do sistema e envio dos dados gerados pelos sensores para um banco de dados em nuvem, no caso o *Firestore*.

Pelo exposto, percebe-se que a arquitetura definida para o sistema RunWizard é aberta, permitindo que a estrutura do sistema possa ser configurada para diferentes números de sensores, com diferentes taxas de transmissão de dados e permitindo, desta forma, que o RunWizard possa ser configurado para as mais distintas aplicações e em diversas áreas, não se limitando apenas ao monitoramento de sinais biomédicos.

O protótipo inicial apresentado na figura 2 teve por objetivo apenas validar a proposta de arquitetura do sistema RunWizard, principalmente no que se refere ao estabelecimento da rede Wi-Fi envolvendo os módulos sensores e o *smartphone*, sob a gerência do módulo DataCon operando como ponto de acesso.

As próximas etapas para a conclusão deste projeto envolvem a construção do protótipo, desenvolvimento das funcionalidades para armazenamento em nuvem, criptografia dos dados e a finalização do aplicativo a ser executado no *smartphone* e por fim, serão realizados os testes de validação definidos no tópico G.

Concluída a etapa de validação, serão finalizados os hardwares dos módulos sensores e DataCon, incluindo o projeto e montagem das placas eletrônicas de cada um.

Analisando as possíveis limitações para este projeto, pode-se enumerar algumas e a principal delas está vinculada à taxa máxima de transferência de dados pelo canal RF (radiofrequência) entre o DataCon e o *smartphone* e entre o DataCon e os sensores. Essa taxa é afetada pela distância entre o DataCon, o *smartphone* e os sensores. Quanto maior a distância menor a intensidade do sinal RF recebido e, portanto, maior a possibilidade de perda de dados, o que

diminui a taxa máxima de transferência pelo canal RF. Outro aspecto que também pode diminuir a taxa de transferência é o ambiente no qual a rede Wi-Fi estiver operando. Locais com muitos ruídos eletromagnéticos (chaveamento de cargas indutivas, acionamento de motores ou outras transmissões RF na mesma faixa de frequência da rede Wi-Fi do DataCon), tudo isso pode contribuir para diminuir a taxa de transferência do canal RF.

A taxa máxima de transferência do canal RF da rede Wi-Fi impacta diretamente na quantidade máxima de sensores operando na rede e na taxa máxima de dados que cada sensor poderá gerar e transmitir para o DataCon. Isto significa que o ambiente no qual o RunWizard será instalado e a distância entre os módulos do sistema deve ser definido de forma cuidadosa, principalmente se o volume de dados produzidos pelos módulos sensores for expressivo, significando uma alta taxa de transferência de dados pelo canal RF.

IV. CONCLUSÃO

A partir do que foi abordado e dos resultados previamente obtidos e apresentados nesse artigo, percebe-se a viabilidade e aplicabilidade do sistema proposto. A aplicação do RunWizard nas mais diversas áreas foi concebida para ser simples, portátil, modular e sem fio, gerando conforto ao usuário, agilidade na configuração do sistema, eficiência na manipulação e armazenamento das informações capturadas e comodidade ao usuário que poderá acessar os dados armazenados a partir de qualquer local com acesso à internet.

Os resultados obtidos até o momento, mesmo ainda sendo preliminares, são motivadores e em sintonia com os objetivos traçados no início deste documento.

Conforme já exposto, os próximos passos serão focados no desenvolvimento da versão protótipo do RunWizard para em seguida ser aplicado em alguma situação real, como por exemplo, no monitoramento biomecânico do corpo humano.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FEELT, BIOLAB e ao professor Dr. Sérgio Ricardo de Jesus Oliveira pelo apoio e desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] “Guia do CONHECIMENTO EM GERENCIAMENTO DE PROJETOS (GUIA PMBOK®) Sexta edição,” Accessed: Sep. 06, 2021. [Online]. Available: www.PMI.org.
- [2] P. Bonato, “Wearable Sensors/Systems and Their Impact on Biomedical Engineering,” *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, vol. 22, no. 3. pp. 18–20, 2003, doi: 10.1109/EMEMB.2003.1213622.
- [3] H. Miranda, R. Simão, A. Lemos, ... B. D.-R. B., and undefined 2005, “Análise da frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em diferentes posições corporais nos exercícios resistidos,” *SciELO Bras.*, Accessed: Sep. 06, 2021. [Online]. Available: <https://www.scielo.br/j/rbme/a/VqBKVfxBcRhBp8pQW98jHz/abstract/?lang=pt>.
- [4] S. Oliveira, “Método de acesso ao meio baseado em prioridades para melhoria das taxas de transferência em WBANs,” 2017, Accessed: Sep. 06, 2021. [Online]. Available: <http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/20657>.
- [5] J. R. C. Chien and C. C. Tai, “A new wireless-type physiological signal measuring system using a PDA and the bluetooth technology,” *Biomed. Eng. - Appl. Basis Commun.*, vol. 17, no. 5, pp. 229–235, Oct. 2005, doi: 10.4015/S1016237205000342.
- [6] V. Auteri, L. Roffia, T. C.-2007 C. in Cardiology, and undefined 2007, “ZigBee-nased wireless ECG monitor,” *ieeexplore.ieee.org*,

Accessed: Sep. 06, 2021. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4745439/>.

- [7] D. V.-M. del C. N. de Ingeniería and undefined 2020, “Diseño de un dispositivo wearable para el monitoreo de la oxigenación y ritmo cardíaco,” *memorias.somib.org.mx*, doi: 10.24254/CNIB.20.63.
- [8] B. Schulze, J. Souza, A. Mury, and H. Borges, “Desenvolvimento automático de aplicações e plataformas de trabalho em nuvens computacionais,” 2012, Accessed: Sep. 06, 2021. [Online]. Available: <http://livroaberto.ibict.br/handle/1/865>.
- [9] F. Machado, “Proposta de protocolo de telemonitoramento sob demanda de sinais biomédicos usando internet das coisas, computação móvel e armazenamento em nuvem,” 2016, Accessed: Sep. 06, 2021. [Online]. Available: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1825>.
- [10] C. Doukas, I. M.-2011 I. T. International, and undefined 2011, “Managing wearable sensor data through cloud computing,” *ieeexplore.ieee.org*, pp. 440–445, 2011, doi: 10.1109/CloudCom.2011.65.
- [11] M. Santana, ... A. N.-A. do S., and undefined 2017, “Sistema de Aquisição de Sinais de EMG e ECG para Dispositivos Android,” *revistas.uneb.br*, Accessed: Sep. 06, 2021. [Online]. Available: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/staes/article/view/3831>.
- [12] C. Li, X. Hu, L. Z.-P. computer science, and undefined 2017, “The IoT-based heart disease monitoring system for pervasive healthcare service,” *Elsevier*, Accessed: Sep. 06, 2021. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050917316745>.