

Wearable Device for Athletes: An Approach to Individual and Collective Sports

Augusto C. R. de Oliveira
Universidade Feevale
augustocesar-rs@hotmail.com

Juliano Varella de Carvalho
Universidade Feevale
julianovc@feevale.br

Marta Rosecler Bez
Universidade Feevale
martabez@feevale.br

ABSTRACT

Increasingly ¹ powerful and miniaturized mobile computing devices have been used in many areas and new possibilities of Internet of Things (IoT) have been created. In this context, there are wearable devices. They are characterized as intelligent devices, equipped with sensors sending signal to components, in the form of clothing or accessories, used near the user's body. The sports area benefits with these devices, relating to data about the performance and health of the practitioners. The provision of this collected information is important, however, much of the devices collect and make available data individually, not allowing a macro view of groups and teams. The objective of this work is the construction of a prototype vest for the data capture of sportsman, together with an application able to evidence the information, meeting the demands of individual and collective sports, validating its relevance as an aid platform for decision making to health professionals and/or technical staff.

KEYWORDS

Athletes; Sports; Performance; Health; Wearable Devices

1 INTRODUÇÃO

Os objetos conectados à rede, *Internet of Things (IoT)*, podem ser aplicados em áreas como a da saúde [10], educação [11] e esportiva [6]. Dentre os domínios citados, a tecnologia, ou aplicação da ciência prática no âmbito dos esportes, não é algo recente, porém, a forma com que isso ocorre sofreu algumas mudanças. A preocupação passou de apenas ser um simples conforto dos atletas com os trajes, para que não atrapalhasse a *performance* durante as provas oficiais ou seus treinamentos, para soluções mais avançadas que pudessem elevar sua capacidade na modalidade e até mesmo prevenir lesões [4].

Dentre as tecnologias computacionais utilizadas atualmente para acompanhamento dos esportistas, destacam-se os *Wearable Devices* (Dispositivos Vestíveis). Embora a evolução dos dispositivos vestíveis ocorra rapidamente, consolidando cada vez mais esse tipo de tecnologia no mercado, existem algumas

barreiras que ainda impedem a difusão destes produtos. Para algumas equipes, a falta de recursos de tempo, financeiros ou de recursos humanos para manipulação dos dados são razões para o não monitoramento dos atletas [3].

Outra parte fundamental do uso de vestíveis para monitoramento de praticantes de atividades físicas, atletas e equipes é a visualização das informações coletadas. A forma da apresentação dos elementos coletados deve ser passível de utilização com eficiência e eficácia [5]. Diferentemente dos dispositivos comercializados para usuário final comum, nos quais os dados são obtidos individualmente e comumente enviados para um *smartphone* pessoal, onde visualizam-se apenas as informações singularmente por usuário, os *wearable devices* para esportes coletivos precisam fornecer uma visualização dos dados de toda a equipe. Além disso, a utilização da disposição desses dados para fins de tomada de decisão não possui estudos de grau elevado sobre o tema [7].

Durante os treinamentos, inúmeros dados podem ser observados. Informações como: a frequência, tempo, intensidade, esforço máximo, repetições e volume de treinamento podem ser usados para o acompanhamento da carga de trabalho [3]. Além de monitorar aspectos do treino do atleta, quanto ao seu comportamento técnico e tático, parâmetros relacionados a saúde também podem ser acompanhados para avaliação dos esportistas. Algumas possíveis medidas coletadas de forma não-invasivas que poderiam ser utilizadas para o monitoramento da saúde do desportista são variáveis como: a frequência cardíaca, o estado de hidratação, temperatura corpórea, radiação ultravioleta, quantidade de oxigênio no sangue dentro do sistema circulatório, sono, entre outros [2].

Diante das informações já expostas, este estudo apresenta um protótipo² a partir do conceito de dispositivos vestíveis, uma tecnologia para a utilização na prática esportiva, proporcionando avaliação da frequência cardíaca do praticante. Os dados obtidos poderão ser analisados posteriormente pelo próprio esportista ou por profissionais da área, através do *WDApp*, um aplicativo desenvolvido que possibilita a visualização das informações de grupos de atletas para acompanhamento das suas atividades dentro da modalidade praticada.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

In: XVI Workshop de Ferramentas e Aplicações (WFA 2017), Gramado, Brasil. Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web: Workshops e Pôsteres. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2017.
©2017 SBC - Sociedade Brasileira de Computação.
ISBN: 978-85-7669-380-2.

² Site de demonstração do dispositivo e do aplicativo desenvolvidos:
<https://wdgestao.wixsite.com/wdapp>

WebMedia'2017: Workshops e Pôsteres, WFA, Gramado, Brasil

O monitoramento de atletas utilizando *wearable devices* é uma realidade. Porém, os dados que podem ser obtidos através desta tecnologia devem ser observados por profissionais que possam contribuir para a melhora do desempenho do atleta e manutenção de sua saúde. Em relação a administração destes aspectos de saúde e *performance*, Dijkstra et al. propõem um novo modelo de gerenciamento integrado da saúde e treinamento dos atletas, sendo baseado na experiência da equipe de atletismo do Reino Unido para os jogos Olímpicos e Paraolímpicos de Londres [1].

Diante deste contexto de monitorização em esportes, Mainetti et al. [8] propõem uma arquitetura para este fim. Como componentes deste modelo estão várias tecnologias com diferentes funções. Embora exerçam as tarefas necessárias para a plataforma, algumas das tecnologias empregadas possuem custo elevado, tornando-o menos acessível. Além disso, necessita de uma estrutura adicional próxima ao campo de jogo.

O *Social Fabric Fitness* é outro exemplo de uso de tecnologias vestíveis para monitoramento de atividades físicas, mais precisamente grupos de corridas. Embora trabalhe para grupos, têm foco em uma única atividade, corridas. Possui um *display* têxtil muito pertinente para a visualização da informação durante a atividade, mas não permite armazenar estas informações para consultas posteriores [9].

Neste sentido, pretende-se com o desenvolvimento deste protótipo alcançar um valor mais acessível em relação aos componentes utilizados. Visa-se ainda que profissionais possam acompanhar de maneira ágil e fácil todos os dados gerados a partir do monitoramento dos atletas. A plataforma proposta foca nestes dois aspectos para a sua concepção.

3 PLATAFORMA PROPOSTA

Com viés de uso acadêmico, em um contexto de cenário de *wearable devices* aplicados em esportes, propõe-se a criação de uma plataforma para monitoramento de atletas, que possa contemplar esportes individuais e coletivos, com a criação de um protótipo de *hardware* e *software* para desempenhar as atividades de acompanhamento e avaliação do esportista.

Elaborou-se uma arquitetura que possa fornecer as informações a profissionais envolvidos e que os mesmos possam intervir e analisar os dados recebidos e retornar aos atletas as suas ponderações. Na Figura 1 é possível ter uma visão macro desta arquitetura, os atores envolvidos no uso da plataforma e o fluxo da informação.

Em um dos lados, encontra-se o próprio esportista onde, através do uso do dispositivo vestível e do sensor, será monitorado. Os dados obtidos dos sensores poderão ser transmitidos via *wireless* (maneira mais prática) para um *smartphone* que enviará os dados já formatados em gráficos para uma arquitetura em nuvem.

Na outra ponta estarão os profissionais que acompanharão os desportistas, que poderão avaliar e retroalimentar o sistema com seus pareceres. O atleta poderá visualizar o que foi monitorado e também o que foi ponderado, através de um dispositivo, como um *smartphone*, com sua conta de *e-mail* configurada. Para isso,

Augusto C. R. Oliveira, Juliano V. Carvalho, and Marta R. Bez

basta os profissionais ligados ao atleta utilizarem às funções de compartilhamento de informações, enviando mensagens de acompanhamento aos seus atletas.

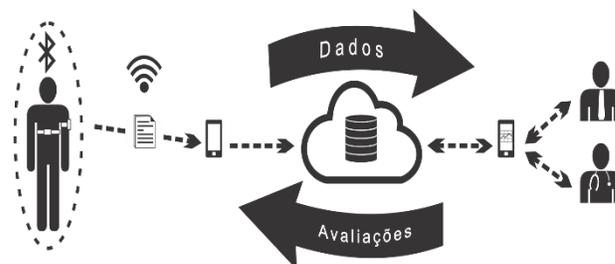


Figura 1: Visão geral da arquitetura da plataforma proposta em forma de protótipo.

O conjunto de tecnologias utilizada para a construção desta plataforma pode ser observada na Figura 2. A imagem apresenta, do lado esquerdo, questões de *hardware*, caracterizado pela Raspberry Pi Zero W e a cinta para monitoramento cardíaco Polar H7. Utilizando a tecnologia *bluetooth* para conexão entre estes componentes. Ao centro, um *smartphone* Android, usado como ferramenta para gerenciamento do dispositivo prototipado e os sistemas utilizados, além de servir para visualização dos dados processados e atuação sobre eles. À direita da Figura 2, tecnologias ligadas a *software*, formadas pelo aplicativo desenvolvido (WDAp) e o *Firebase* como banco de dados, utilizando-se de tecnologia em nuvem (*cloud computing*).



Figura 2: Visão geral das tecnologias utilizadas para a construção da plataforma.

3.1 Hardware

A escolha da placa de prototipagem eletrônica torna-se importante à medida que os demais aspectos pertinentes a plataforma proposta estão diretamente ligadas a ela. Os sensores deverão ser compatíveis, assim como os outros componentes necessários e o próprio sistema a ser construído posteriormente. Além disso, seu tamanho e formato são fatores inerentes para a construção do dispositivo vestível com o objetivo de monitorar atletas durante o desempenho de suas tarefas, pois os componentes devem interferir nos movimentos e ações dos

Wearable Device for Athletes: An Approach to Individual and Collective Sports

desportistas o menos possível. Já conter conexão *bluetooth* também foi uma característica observada, além da possibilidade em adicionar novos ou alterar os sensores utilizados. Estes fatores foram avaliados, onde optou-se pela escolha da placa Raspberry Pi Zero W.

Ela diferencia-se das placas de prototipagem mais comuns como o Arduino ou LilyPad, sendo definida como um computador, apesar do seu tamanho. Assim, justifica-se também a Raspberry Pi Zero por ser um computador de \$5 (cinco dólares), referência ao seu valor de venda [12]. Em sua versão W, seu valor é de \$10 (10 dólares) em março de 2017. Este modelo faz parte da família de produtos oferecidos pela Fundação Raspberry Pi, que conta com outros modelos, como o Raspberry Pi 3 – Modelo B, o Raspberry Pi 2 – Modelo B, o Raspberry Pi 1 – Modelo A+, entre outros.

Um carregador portátil de 4000 mA foi utilizado como fonte de energia para a placa. Na Figura 3, observa-se o conjunto formado pela Raspberry Pi Zero W e o carregador portátil.



Figura 3: Raspberry Pi Zero W e carregador portátil para alimentação da placa.

Para acompanhamento da frequência cardíaca, foi utilizado o monitor Polar H7, da empresa Polar. Consiste em uma tira elástica que possui eletrodos responsáveis por capturar a Frequência Cardíaca do utilizador sendo fixada através da tira elástica presa em volta do peito, abaixo dos músculos peitorais. O conector então pode ser fixado na tira, sendo o responsável pela transmissão dos dados ao dispositivo receptor.

Um dos fatores que levaram a escolher a Polar H7, foi sua acurácia. No estudo já apresentado de Wang et al., é possível verificar sua acurácia. Em comparação com pulseiras capazes de fazer o monitoramento da frequência cardíaca do usuário, a precisão da cinta foi maior, principalmente em momentos de aumento do nível de atividade [13]. Apesar de seu custo mais elevado, sua localização de uso e, principalmente, a acurácia obtida, justificam sua utilização neste trabalho. A Figura 4 apresenta a cinta torácica Polar H7.

WebMedia'2017: Workshops e Pôsteres, WFA, Gramado, Brasil



Figura 4: Cinta torácica de monitoramento de frequência cardíaca Polar H7. Fonte: Retrieved June 13, 2017 from <http://sleep-apnea-dentist-nj.info/the-best-sleep-tracking-devices-to-mind-your-zs/>.

3.2 Software

O aplicativo desenvolvido durante este trabalho, sendo chamado de *WDAApp*, tem como objetivo proporcionar a técnicos, médicos, fisioterapeutas e demais profissionais ligados ao gerenciamento da saúde e desempenho de atletas, uma visualização sobre seus dados. Através de funções criadas, também possibilita o retorno das observações realizadas pelo usuário aos atletas, gerando uma resposta mais ágil. O app, destinado a *smartphones* com o sistema operacional Android, interage com os produtos do *Firebase*³, para questões de autenticação, banco de dados, e armazenamento de arquivos em nuvem.

Visando a segurança, o aplicativo dispõe de uma tela para autenticação, onde é possível fazer o *login*, realizar o cadastro de um novo usuário ou redefinir a senha por meio do envio de uma mensagem com esta função. A autenticação é possível através do vínculo de uma conta de e-mail válida e uma senha no momento do cadastro de um novo usuário para o app.

O cadastro do usuário servirá também para o vínculo dos futuros atletas monitorados com o profissional registrado para utilização do aplicativo. A Figura 5(a) apresenta a tela de *login*. Enquanto que a Figura 5(b) demonstra a lista dos voluntários utilizados durante a validação e testes da plataforma.

Por permitir a inclusão de múltiplos atletas, este app pode ser utilizado em contexto de esportes coletivos. Assim, grupos e equipes, em sua totalidade, podem ter suas informações de treinamento centralizadas em um único lugar. Para as imagens de uso do aplicativo, o anonimato dos dados dos participantes desta etapa é mantido conforme especificações descritas na submissão deste projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa.

³ <https://firebase.google.com/>

WebMedia'2017: Workshops e Pôsteres, WFA, Gramado, Brasil

Augusto C. R. Oliveira, Juliano V. Carvalho, and Marta R. Bez

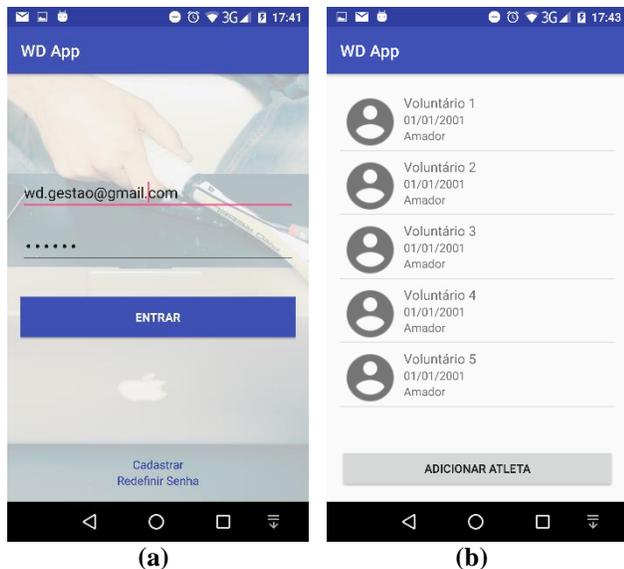


Figura 5: (a) Tela de Login; (b) Tela de Lista de Atletas Monitorados.

Para facilitar a navegação, fez-se o uso de abas. Na aba “Informações”, estão as tarefas de cadastro, atualização e exclusão dos dados dos atletas. Permite-se nesta tela a definição do valor de Frequência Cardíaca Máxima, o botão disponível utiliza uma fórmula para a predição deste valor, ou opção de digitação manual do campo. Na aba de “Treinos”, os gráficos referentes aos períodos monitorados são exibidos, campo de observações estão disponíveis para complementos por parte do usuário do aplicativo. Na Figura 6(a) apresenta-se a aba de Informações e a aba de Treinos é exibida na Figura 6(b).

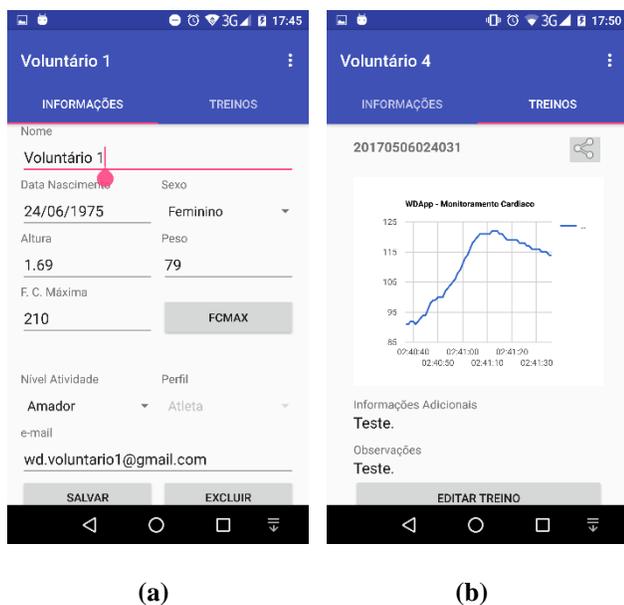


Figura 6: (a) Abas Informações; (b) Aba Treino do Atleta.

Com o objetivo de informar os atletas, é possível compartilhar os dados das sessões de treinamento. Esta função disponível no aplicativo executa a rotina desenvolvida, gerando um relatório contendo as informações do atleta, o gráfico de seu treino e as informações ponderadas pelo seu técnico, médico ou outro profissional de sua equipe, usuário do aplicativo. Um exemplo deste relatório é apresentado na Figura 7.



Figura 7: Relatório de Treino.

4 EXPERIMENTO

Para que se obtivesse o uso na prática da plataforma proposta, podendo validar seu uso, um experimento foi elaborado e executado. Dessa forma, foi possível observar a atuação do dispositivo elaborado, fazendo a validação com voluntários sobre o seu uso. Além disso, para avaliação do aplicativo, um profissional da área da saúde foi entrevistado para que pudesse analisar o *software* após o seu uso.

Para estes testes, cinco voluntários foram selecionados, todos do sexo feminino, de 20 a 41 anos de idade e avaliados durante três sessões de atividades físicas. A atividade desenvolvida consistia em caminhar por um percurso por um tempo pré-determinado, não ultrapassando 10 minutos.

Durante os testes observou-se a utilização da cinta Polar H7 pelo voluntário, comunicando-se via *bluetooth* com o Raspberry Pi Zero W, encontrado em um bracelete para treinos, onde acomodava-se também um carregador portátil de 4000 mA para alimentação. Os dados de frequência cardíaca obtidos são enviados até a placa, onde a mesma, tendo um *software* em execução, gera um arquivo e salva em seu cartão de memória. Após o monitoramento, o arquivo é transmitido para o celular, onde pelo aplicativo desenvolvido, rotinas de importação deste arquivo foram criadas. Assim, após o processo de importação, os treinos estavam disponíveis, já em forma de gráficos, no app, para visualização e uso.

A interação com o aplicativo desenvolvido ocorreu por um profissional da área da saúde. Com isso, foi possível testar o app em relação a questões de usabilidade, visualização das informações e funcionamento das rotinas de compartilhamento das informações com os voluntários monitorados. Dessa forma, um *feedback* inicial foi gerado quanto a parte de software da plataforma.

5 DISCUSSÕES E RESULTADOS

Em relação ao experimento para validação da plataforma, todas as sessões de atividades físicas foram realizadas com sucesso. Pode-se concluir que: o funcionamento do dispositivo prototipado, com a finalidade de coletar dados de frequência cardíaca do usuário opera de acordo com o planejado. Dessa forma, os batimentos cardíacos puderam ser armazenados em arquivo e estiveram disponíveis para uso no aplicativo. O app desempenhou sem maiores problemas o seu papel, com as funções desenvolvidas operando normalmente, sem falhas.

Após a conclusão do experimento, a etapa seguinte foi a de avaliação sobre a plataforma testada. Para isso, foi utilizado um questionário aplicado aos voluntários, relacionado principalmente ao uso do dispositivo. Ao profissional da saúde consultado, outro questionário foi aplicado para coletar sua opinião principalmente sobre o uso das tecnologias vestíveis e ao uso do aplicativo.

Em relação a plataforma proposta neste trabalho, mais precisamente o dispositivo desenvolvido, foi questionado a respeito do conforto durante o uso. Nesta questão, onde o nível de conforto poderia ser assinalado dentro das seguintes opções: (i) péssimo; (ii) ruim. (iii) regular; (iv) bom e (v) ótimo, o resultado apontou para 60% apontando como ótimo e 40% como bom. Indicando que o dispositivo prototipado, apesar de boa aceitação, pode ser melhorado e aperfeiçoado. A Figura 8 exibe o gráfico com o resultado da questão sobre conforto do protótipo.



Figura 8: Questão relacionada ao conforto do voluntário ao utilizar o protótipo.

Em relação direta ao aplicativo desenvolvido, após o seu uso, o profissional da área da saúde assinalou como ótima para a disposição dos dados no app. Sobre a usabilidade, de forma geral, foi apontada como boa. Ao ser questionado sobre funções que poderiam estar presentes neste tipo de aplicativos, a visualização de distância percorrida pelo atleta foi citada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias relacionadas a dispositivos móveis e *Internet of Things*, ao mesmo passo que evoluem, também se popularizam. Neste segmento tecnológico, os *Wearable Devices*, já ocupam importante papel na área de monitoramento esportivo. O

protótipo construído, assim como o app desenvolvido, é uma iniciativa neste mesmo sentido, com o objetivo promover os benefícios do acompanhamento mais detalhado da saúde e desempenho aos praticantes de esportes.

Embora alguns testes e validações já tenham ocorrido, outras avaliações necessitam ocorrer, como testes em outros grupos e em modalidades distintas. Quanto a parte relacionada ao aplicativo para *smartphones* Android construído para este trabalho, melhorias podem ser desenvolvidas, principalmente ligadas a novas formas de visualização em relação aos dados coletados, cruzando dados de diversas sessões de treinamento ou de atletas diferentes em um mesmo gráfico. Em relação a novos dados, estudos relacionados ao uso de um módulo GPS adquirido já foram iniciados, com isso, busca-se monitorar dados como distância percorrida, velocidade desenvolvida e o trajeto traçado.

Esta continuidade do trabalho é importante, visto que poderá promover as melhorias citadas pelo profissional da área da saúde consultado para a validação da plataforma. Proporcionar meios de pesquisa das sessões de treinamentos, como, por exemplo, filtros por datas, pode ser um dos recursos a serem adicionados a fim de obter melhor usabilidade e maior eficiência. Embora, de uma forma geral, tenha-se obtido uma boa avaliação, estes aperfeiçoamentos agregarão recursos importantes visando uma melhor experiência do usuário.

REFERÊNCIAS

- [1] H. P. Dijkstra, N. Pollock, R. Chakraverty, and J. M. Alonso. 2014. Managing the health of the elite athlete: a new integrated performance health management and coaching model. *British Journal of Sports Medicine* 48, 7.
- [2] Peter Dürking, Andreas Hotho, Hans-Christer Holmberg, Franz Konstantin Fuss, and Billy Sperlich. 2016. Comparison of Non-Invasive Individual Monitoring of the Training and Health of Athletes with Commercially Available Wearable Technologies. *Frontiers in Physiology* 7.
- [3] Shona L. Halson. 2014. Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine* 44, S2: 139–147.
- [4] Robert E. Horn. 1999. Information Design: Emergence of a New Profession. In: *Information Design*, Robert Jacobson (ed.), Chapter. 2. 1999.
- [5] Marcelo Iglesias. 2009. Tecnologia no esporte – a busca pela melhoria da performance. *Universidade do Futebol*. Retrieved October 10, 2016 from <http://universidadedofutebol.com.br/tecnologia-no-esporte-a-busca-pela-melhoria-da-performance/>.
- [6] Mohammed A. Ikram, Mohammad D. Alshehri and Farookh K. Hussain. 2015. Architecture of an IoT-based system for football supervision (IoT Football). *Internet of Things (WF-IoT), 2015 IEEE 2nd World Forum on (2015)*, 69–74.
- [7] Aqeel H. Kazmi, Michael J. O'Grady, and Greg M. P. O'Hare. 2011. Visualization in sporting contexts: the team scenario. *Poster presented at the International Conference on Bio-inspired Systems and Signal Processing (BIOSIGNALS)*, Rome, Italy. 26th–29th January 2011, SciTePress.
- [8] Luca Mainetti, Luigi Patrono and Maria L. Stefanizzi. 2016. An Internet of sport architecture based on emerging enabling technologies. *Computer and Energy Science (SpliTech), International Multidisciplinary Conference on (2016)*, 1–6.
- [9] Matthew L. Mauriello, Michael Gubbels and Jon E. Froehlich. 2014. Social fabric fitness: the design and evaluation of wearable E-textile displays to support group running. (2014), 2833–2842.
- [10] Rodrigo L. A. Almeida, Alysson A. Macedo, Ítalo Linhares de Araújo, et al. 2016. WatchAlert: Uma evolução do aplicativo fAlert para detecção de quedas em smartwatches. In: *Workshop de Ferramentas e Aplicações (WFA)*, 15., 2016.
- [11] Gessica P. Rodrigues and Cristiane de M. Porto. 2013. Realidade virtual: conceitos, evolução, dispositivos e aplicações. *Interfaces Científicas-Educação*. 1, 3 (2013), 97–109.
- [12] Eben Upton and Gareth Halfacree. 2012. *Raspberry Pi user guide*. John Wiley & Sons, Chichester, England.
- [13] Robert Wang, Gordon Blackburn, Milind Desai, et al. 2016. Accuracy of Wrist-Worn Heart Rate Monitors. *JAMA cardiology*.