

IFFARHEART: uma proposta de solução computacional IoHT para auxiliar a prática pedagógica de Educação Física

Denis Pohlmann Gonçalves – PPGTER/UFSM,
denis.pohlmann@gmail.com – <https://orcid.org/0000-0001-6861-7558>
Roseclea Duarte Medina – PPGTER/UFSM,
roseclea.medina@gmail.com – <https://orcid.org/0000-0003-0888-6961>

Resumo: Este trabalho¹ apresenta e propõe o uso de uma solução computacional que utiliza o paradigma da Internet das Coisas nos cuidados com a saúde (IoHT), para apoiar a prática pedagógica docente no IFFar-SVS². O problema de pesquisa identificado é o método manual de aferição da frequência cardíaca (FC) dos estudantes, sendo por técnica de palpação ou frequencímetros convencionais. Para a Metodologia, foi aplicado uma RSL³ consolidada por Kitchenham (2004) e proposta uma arquitetura IoHT voltada para cunho educacional. Com o desenvolvimento, foram construídas três cintas cardíacas e um *gateway*. Esta solução foi avaliada em campo envolvendo 33 alunos e três professores de Educação Física. Como resultados, a solução permitiu aos professores monitorar a FC de até três alunos simultaneamente, em tempo real e longa distância, resolvendo o problema de pesquisa. Os produtos construídos tiveram boa avaliação em geral, considerados atrativos e confortáveis de utilizar, indicando potencial de ensino demonstrativo.

Palavras-chave: Educação Física, frequência cardíaca, IoHT, prática pedagógica.

IFFARHEART: an IoHT computational solution proposal to help the pedagogical practice of Physical Education

Abstract: This work presents and proposes the use of a computational solution that uses the Internet of Things paradigm in health care (IoHT), to support the teaching pedagogical practice at IFFar-SVS. The research problem identified is the manual method of measuring the heart rate (HR) of students, using palpation technique or conventional frequency meters. For the Methodology, an RSL consolidated by Kitchenham (2004) was applied and an IoHT architecture focused on educational purposes was proposed. With the development, three heart straps and a gateway were built. This solution was evaluated in the field involving 33 students and three Physical Education teachers. As a result, the solution allowed teachers to monitor the HR of up to three students simultaneously, in real time and over a long distance, solving the research problem. The products built had a good evaluation in general, considered attractive and comfortable to use, indicating demonstrative teaching potential.

Keywords: heart rate, IoHT, pedagogical practice, Physical Education.

1. Introdução

Cuidados com a saúde são muito importantes para se ter uma vida saudável, dentre eles em especial, as atividades físicas, que devem começar desde cedo com as crianças nas escolas, possibilitando o desenvolvimento físico e mental para auxiliar o bom desempenho escolar. Nesse contexto, monitorar os sinais vitais de um indivíduo em certas

¹ Este estudo é produto da dissertação de mestrado do principal autor deste artigo.

² Instituto Federal Farroupilha Campus São Vicente do Sul

³ Revisão Sistemática de Literatura

situações é necessário, com a finalidade de analisar as condições do indivíduo e evoluções do condicionamento físico.

Em contribuição a medicina, nos últimos anos a Tecnologia da Informação (TI), vem se inserindo abundantemente na área, apresentando soluções diversas para os inúmeros segmentos médicos e cuidados com a saúde, com tecnologias conhecidas pelo termo *eHealth* ou saúde digital. De acordo com Yuce (2013), pequenos sensores sem fios podem ser colocados no corpo humano ou sob a roupa, chamados *wearable devices*, afim de aumentar o conforto e a mobilidade do usuário, monitoramento independentemente de sua localização e sem impacto em suas atividades rotineiras.

Na atualidade, diversos dispositivos inteligentes como *smartwatches* e *smartbands* estão ganhando bastante espaço na vida das pessoas, trazendo dentre as suas inúmeras funções, recursos para cuidados com a saúde. Estas opções de tecnologias, em alguns momentos podem ser utilizadas em ambiente de ensino, entretanto, em muitas vezes são equipamentos de alto custo e uso individual, inviabilizando a utilização em grupo de forma a não unificar a análise em apenas um ponto.

Com base em todo esse contexto, percebe-se a possibilidade da criação de uma tecnologia computacional *eHealth*, especificamente no paradigma da Internet of Healthcare Things (IoHT), ou Internet das coisas para cuidados com a saúde, que poderia ser utilizada para a aferição de sinais vitais de estudantes em ambiente escolar. Tal recurso, poderia trazer alguns benefícios ao ensino, como exemplo, o monitoramento da Frequência Cardíaca (FC) de estudantes nas aulas de Educação Física, pois permitiriam ao professor demonstrar para seus alunos como as atividades físicas interagem sobre o sistema cardiovascular.

De acordo com o Projeto Pedagógico de Curso (PPC) dos cursos técnicos integrados ao ensino médio do Instituto Federal Farroupilha Campus São Vicente do Sul (IFFar-SVS), em determinado momento da disciplina de Educação Física dos cursos são trabalhadas algumas práticas corporais com os alunos por meio de exercícios físicos. Estas atividades, possuem a finalidade de vivenciar e estudar práticas corporais variadas que permitam ao discente integrar a atividade física ao cuidado com o corpo, sendo considerados também a compreensão dos aspectos biológicos do corpo humano, como por exemplo, o monitoramento de sinais vitais de um indivíduo (PPC-IFFAR, 2016).

Assim, com a necessidade de aferição da FC dos estudantes, os professores do campus em questão encontram o seguinte problema: o procedimento de aferição é realizado de forma manual, por meio da técnica de palpação no pescoço do aluno. Este método obsoleto permite contar a quantidade de batimentos por minuto, sempre imediatamente após o exercício executado pelo aluno. Uma solução alternativa, utilizada em momentos singulares, é a realização desta tarefa de monitoramento da FC com o uso de relógios ou pulseiras inteligentes, trazidos pelos professores ou mesmo pelos alunos. Entretanto, estas tecnologias trazem alguns limitadores, tais como, o uso individual – pois um único equipamento é pareado com apenas um *smartphone*; e a distância reduzida – pois por utilizarem tecnologia de comunicação sem fios *bluetooth*, a grande maioria fica limitada em distâncias de até dez metros de alcance.

Desta maneira, este trabalho apresenta o desenvolvimento e avaliação de uma solução computacional IoHT voltada para aplicação nas aulas de Educação Física, com o objetivo de auxiliar os professores no monitoramento da FC de seus alunos enquanto praticam atividades físicas, de forma remota, simultânea e em tempo real. Tal tarefa possibilita demonstrar ao estudante aspectos fisiológicos da relação entre exercício e FC, para então contribuir com o processo ensino-aprendizagem. A solução desenvolvida, chamada de IFFarHeart, é composta de três cintas cardíacas, um *gateway* e uma página web, esta última oportunizada pela plataforma Thingsboard.

2. eHealth, mHealth, IoHT e IoMT

Apesar da semelhança escrita entre os termos *eHealth* e *mHealth*, há uma distinção relevante no aspecto da cobertura do problema. A *eHealth* é uma expressão mais abrangente, que contempla diversas soluções digitais para melhorar a qualidade de vida das pessoas, considerando a robótica, IoT, Inteligência artificial, telemedicina e *mHealth* como uma de suas ferramentas (SUMMIT, 2019). Em uma análise mais profunda sobre a definição do termo, a definição mais citada até hoje é a de Eysenbach (2001), considerando a *eHealth* um campo emergente na interseção da tecnologia da informação e serviços de saúde em geral, por meio do aprimoramento e encaminhamento das informações pela Internet e tecnologias relacionadas.

O termo *mHealth*, ou saúde móvel, se refere as práticas da saúde realizadas por meio de aparelhos que trazem a mobilidade, como *smartphones*, assistentes digitais e dispositivos de monitoramento, permitindo conectar médicos e pacientes (SUMMIT, 2019). Para Moss, Süle e Kohl (2019), a *mHealth* se refere ao uso de dispositivos inteligentes e portáteis, para atender os serviços de saúde, possuindo grande amplitude, como serviços de prescrição de remédios e alertas para uso de medicamentos.

Encontrada com forte presença em trabalhos, a expressão IoHT, é definida como a tecnologia que permite o monitoramento e processamento de dados do estado de saúde de indivíduos por meio de sensores e dispositivos IoT com avançadas tecnologias móveis (MUKHERJEE et al., 2021). Esta tecnologia, na maioria das vezes utiliza o dispositivo do próprio usuário como camada de roteamento das informações, normalmente um aplicativo instalado em *smartphone*, permitindo assim que a solução apresente as informações em tempo real (KETU e MISHRA, 2021; PANG, 2013).

A *Internet of Medical Things* (IoMT), ou Internet das Coisas Médicas, pode ser definida como uma variedade de dispositivos médicos inteligentes com a capacidade de armazenamento, troca e comunicação de dados de saúde na Internet, para fornecer melhoria e qualidade dos serviços médicos, possibilitando assistência em tempo real (GARG et al., 2020). Em relação a arquitetura, a IoMT é composta de sensores para leitura de sinais biomédicos de um paciente, unidade de processamento, rede de transmissão, unidade de armazenamento e uma plataforma de visualização para apoiar as decisões de um médico (RAMSON, 2013; RAMSON e MONI, 2016).

2.1. IoT e Fog Computing

De acordo com Gokhale, Bhat, Bhat (2018), a IoT pode ser designada como uma rede de dispositivos, veículos, edifícios, dentre outros itens que auxiliados por circuitos e *softwares*, pois permitem a coleta de informações ao seu redor e sua comunicação em rede de dados. Em uma visão para o ambiente escolar, a IoT possibilita facilitar o processo do ensino-aprendizagem, por meio da gerência do ambiente e consciência do seu contexto real, conhecida como *Smart Classroom*, conceito definido por Liu e Zhou (2012) para sala de aula inteligente. Nesse contexto os estudantes e professores poderiam interagir com sistemas que monitoram a presença em sala de aula e recursos para armazenamento de informações, avanços que trazem mudanças positivas no sistema educacional (BAJAJ, KUMBHAKARN e BANDEKAR, 2018; MAJEED e ALI, 2018).

Para maximizar o desempenho do sistema, muitos autores descrevem a inclusão de um *gateway* IoT entre as camadas de percepção e aplicação da arquitetura IoT, com a função de manipular os dados brutos e transformá-los em informações adequadas para sua transmissão em nuvem (KOTHA e GUPTA, 2018; SANTOS et al., 2020). Nesse contexto, poderia ser utilizado um *gateway* aplicando conceitos da *Fog Computing*,

definida como uma arquitetura de computação com um arranjo de recursos que consiste em um ou mais dispositivos na borda da rede e não apoiados necessariamente por nuvem, que permitem fornecer serviços para os clientes mais próximos (YI et al., 2015).

Em relação a utilização da *Fog Computing* no contexto da IoHT, há menção no trabalho de Razdan e Sharma (2021), onde os autores propõem uma arquitetura de três camadas, sendo que a camada *Fog* oferece maior desempenho de processamento e resposta diretamente para os dispositivos IoHT, por meio da função de computação em névoa mais perto dos usuários.

3. Metodologia

Primeiramente, para identificar as funcionalidades que uma solução computacional IoHT poderia oferecer ao ambiente de ensino, foram realizadas reuniões com os professores de Educação Física do IFFar-SVS, onde por meio da técnica de *brainstorming*, foi possível levantar os requisitos, identificar e compreender as funcionalidades desejadas, descobrir fragilidades e pontos fortes, assim como delinear o escopo do trabalho.

Com o propósito de se obter um material rico e atualizado para auxiliar o aporte teórico metodológico e posterior desenvolvimento da solução proposta, o estudo teve início com a produção de uma RSL, baseada em protocolo elaborado inicialmente por Kitchenham (2004), com o objetivo de pesquisar e identificar as tecnologias semelhantes a este trabalho, que estão sendo ou que já foram desenvolvidas. A partir da RSL, foi possível conhecer as tecnologias, materiais e métodos utilizados nos trabalhos envolvendo as temáticas que circundam esta pesquisa, onde possibilitou delinear as características necessárias para a construção da solução computacional. A RSL em questão, de própria autoria, foi publicada no periódico científico Revista de Novas Tecnologias na Educação, disponível em (GONÇALVES e MEDINA, 2020).

Com uma visão mais detalhada e voltada para o lado educacional, ou seja, de como a solução funcionaria em ambiente de ensino, este trabalho propõe uma arquitetura de sistema IoHT de cunho pedagógico utilizando essencialmente as tecnologias IoHT, *Fog Computing* e *Cloud Computing*. Esta proposta, com representação na Figura 1, traz maior robustez para o sistema ao possibilitar alta disponibilidade, alto desempenho e escalabilidade combinando as tecnologias citadas anteriormente.

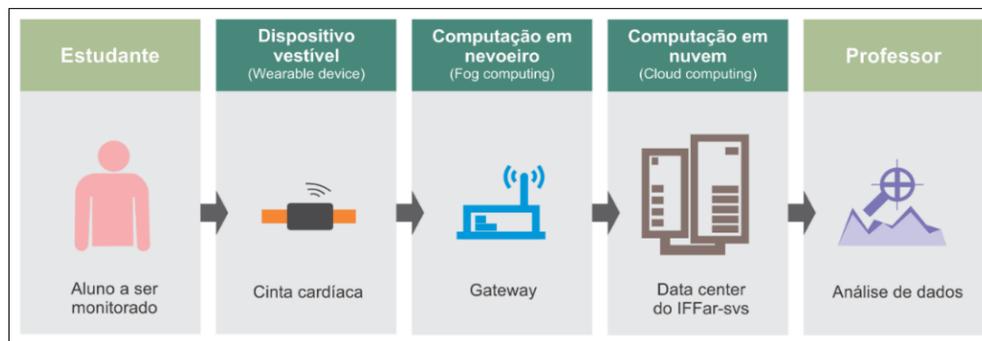


Figura 1 - Proposta de arquitetura IoHT para ambiente de ensino

Há grande preocupação na forma em que a solução deve ser apresentada, seus aspectos construtivos, design, funcionalidades, dentre outros, para que haja a máxima adesão possível em sua utilização. Detalhes físicos como a estética dos produtos, funcionalidades e comportamento geral da solução são fatores cruciais para o engajamento dos usuários, visto que influenciam a experiência da utilização (LUDDEN, SCHIFFERSTEIN e HEKKERT, 2012; NIEDDERER, CLUNE e LUDDEN, 2017).

3.1. Materiais e métodos

Para o desenvolvimento da solução IoHT proposta, em relação aos *hardwares*, foram utilizados somente módulos e componentes de uso livre (*open hardwares*), tais como Arduino Pro mini, ESP32, NRF24L01, AD8232, TP4056, dentre outros, conforme apresentados nos diagramas em blocos simplificados, Figura 2 e Figura3, sendo das cintas cardíacas e *gateway* respectivamente.

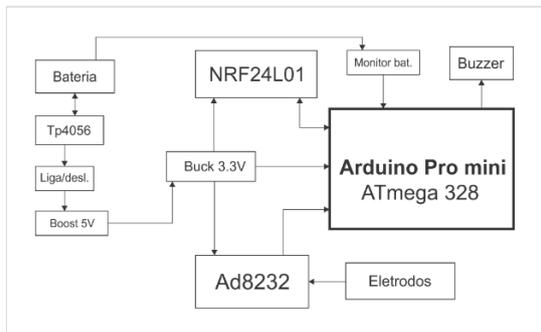


Figura 2 – Diagrama das cintas cardíacas

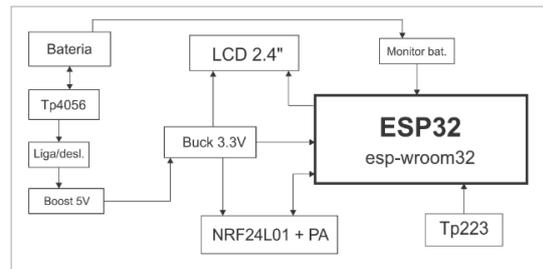


Figura 3 - Diagrama do gateway

Para a construção do corpo das cintas cardíacas foi utilizada impressão 3D, enquanto para o corpo do *gateway* foi utilizado uma caixa patola de tamanho adequado. Para a aplicação web foi utilizado o sistema ThingsBoard CE (versão da comunidade), uma plataforma IoT *OpenSource* destinada a coleta, processamento e visualização de dados oriundos de dispositivos IoT. Esta aplicação foi instalada e configurada no Data Center do IFFar-SVS, em máquina virtual.

4. Desenvolvimento da solução

Com a arquitetura do sistema definida, foi possível estabelecer um processo de desenvolvimento composto de três etapas, sendo: (1) protótipos de laboratório - nesta etapa os componentes necessários foram montados em placas de prototipagem; (2) codificação - etapa em que foi realizada a programação dos produtos, bem como a instalação e configuração da aplicação web; e (3) criação dos protótipos funcionais - nesta etapa foram replicados os protótipos de laboratório para sua versão funcional de aplicação em campo. Com a finalização da terceira etapa, resultou em três protótipos de cintas cardíacas e um do *gateway*, estando aptos na utilização em campo. A Figura 4 mostra o protótipo de uma das cardíacas e a Figura 5 mostra o protótipo do *gateway*.



Figura 4 – Protótipo de uma cinta cardíaca



Figura 5 – Protótipo do gateway

5. Resultados e discussões

Para a avaliação da solução, em primeiro momento são apresentados os testes em campo com a solução IFFarHeart e na sequência, um comparativo desta solução com um produto comercial, ambos com seus respectivos resultados. Por último, é mostrada a pesquisa de satisfação aplicada com os envolvidos.

Esta pesquisa, aplicada no IFFar-SVS, envolveu a participação de 33 estudantes de diferentes cursos, contando também com todos os professores de Educação Física da instituição, considerados três servidores no momento da aplicação dos testes. Considerando os diversos cenários para aplicação dos testes, os professores em conjunto, decidiram dividi-los aplicando a solução desenvolvida IFFarHeart em variadas modalidades de esportes. Este fato, segundo eles, permitiu explorar a funcionalidade e usabilidade nas diferentes variáveis envolvidas em cada esporte, como exemplos, impactos e/ou giros de tronco do corpo. Para todos os testes, a solução foi apresentada aos estudantes seguido da solicitação de vestimenta das cintas em três alunos por vez.

5.1. Testes em campo com esportes diversos

Os testes efetuados com o esporte atletismo foram realizados na pista para essa modalidade, presente no IFFar-SVS e com tamanho oficial de 400 metros. Além do monitoramento simultâneo dos estudantes, foi possível testar o recurso de alertas sonoros e também a questão da comunicação em longa distância entre as cintas cardíacas e o *gateway*. Como resultado, foi obtido comunicação estável a uma distância máxima de 85 metros entre o *gateway* e as cintas cardíacas, demonstrado na Figura 6. Enquanto os alunos foram executando a corrida na pista o professor fez o monitoramento simultâneo da FC de três estudantes na tela do *notebook*, momento apresentado na Figura 7.



Figura 6 – Distância máxima de sinal



Figura 7 – Professor monitorando a FC dos alunos

Na modalidade basquete de quadra, o professor identificou, por meio da solução IFFarHeart uma alteração na FC de uma estudante, sendo um pouco mais elevada que o normal, mesmo em condição de repouso. Logo, a aluna argumentou que após contrair e se recuperar da COVID-19 sua FC ficou alterada, constatada pelo seu médico.

Para o esporte musculação, o professor iniciou o monitoramento com repouso e na sequência, solicitou exercícios com carga. Rapidamente o aumento da FC dos estudantes foi constatado, dessa vez na tela do *smartphone* do docente como escolha pessoal para visualização naquela ocasião. Em um determinado momento do teste, o professor identificou um pico na FC de um dos estudantes, instante em que o aluno estava em esforço máximo no exercício, cabendo ao docente naquele instante ajudar o aluno a terminar sua série.

No futsal e voleibol, a solução foi testada com a modalidade feminino, juntamente as atletas da instituição. Durante os jogos em questão, o professor realizou o acompanhamento das atletas na tela do *notebook*, ferramenta que o ajudou a tomar decisões de quem e em que momento substituir, pois a IFFarHeart identificou as estudantes com maior cansaço. A Figura 8 mostra uma das alunas utilizando a cinta cardíaca. Na Figura 9 é mostrado o gráfico de acompanhamento da FC de três alunas simultaneamente.



Figura 8 – Aluna utilizando a cinta cardíaca

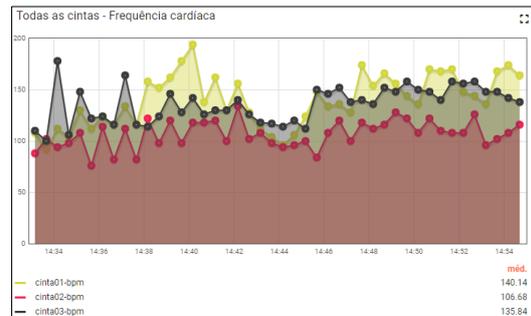


Figura 9 – FC simultâneas dos estudantes

Após os testes em campo com todas as modalidades escolhidas pelos docentes, foi possível analisar e discorrer as situações a seguir.

A solução se mostrou bastante útil com os recursos de alerta sonoro, principalmente quando em uso na modalidade atletismo, caso onde o professor ficou há uma distância grande dos estudantes. Esta opção presente na solução IFFarHeart, tornou muito fácil a tarefa de solicitar a presença dos alunos, substituindo o método anterior onde o professor “gritava” para se comunicar com os estudantes.

Um dos professores achou mais interessante visualizar as informações diretamente no *gateway*, em sua tela LCD, pelos fatores agilidade e facilidade de uso, na opinião dele, deixando a página web para maiores detalhamentos, posterior análise e demonstração aos estudantes.

O monitoramento da FC dos estudantes teve grande importância para demonstração nas aulas de Educação Física, pois além de cumprir uma exigência da ementa da disciplina, possibilitou tornar o ensino mais atrativo, por meio da inserção de uma ferramenta computacional de recursos gráficos nos esportes trabalhados. Além disso, a tecnologia desenvolvida permitiu identificar uma anormalidade na FC de uma estudante, consequência da COVID-19 segundo o médico da aluna.

Pelo fato da solução ser totalmente sem fios e com o auxílio de *smartphone* ou *notebook* para a visualização das informações detalhadas, a solução apresentou uma boa experiência para os docentes e estudantes, permitindo ampla mobilidade destes em variados locais dentro do campus.

A solução IFFarHeart desenvolvida se mostrou bastante estável nos testes, atingindo comunicação em longas distâncias, cerca de 85 metros máximos e monitoramento da FC simultânea de até três estudantes em tempo real. Estas características se diferem da maioria das soluções presentes no mercado, como pulseiras e relógios inteligentes e também cintas cardíacas convencionais.

Na questão da autonomia de bateria, todos os testes realizados nas modalidades de esportes, foram executados com apenas uma carga de bateria, restando ainda 35% em média de carga nos produtos cintas cardíacas e *gateway*. Este cenário permitiria ao professor trabalhar um dia inteiro com seus alunos, sem interrupções para recarga das baterias.

5.2. Comparativo com solução comercial

A solução desenvolvida IFFarHeart foi comparada com a solução comercial da marca Magene modelo H64, apenas no quesito monitoramento da FC, visto que esta última não possui as demais funções presentes na IFFarHeart. Para o experimento, foram convidados dez alunos a realizarem exercícios de musculação. A escolha deste esporte se deu pelo fato da solução comercial não suportar distancias maiores que dez metros de acordo com o especificado no manual da solução em Magene (2021), considerando o ambiente reduzido da academia de musculação do IFFar-SVS adequado para o teste.

No início do experimento, foram apresentadas as soluções para os estudantes e em seguida, solicitado que estes vestissem as duas cintas cardíacas, uma ligeiramente abaixo da outra, para que assim, o mesmo biossinal fosse captado de forma simultânea por ambas soluções. Após os estudantes vestirem as cintas, estes realizaram o treinamento de musculação que costumam fazer, utilizando as cintas cardíacas durante dez minutos para a coleta de dados. Após o aluno 01 realizar o experimento, as cintas foram removidas, higienizadas e repassadas ao aluno 02, e assim sucessivamente até completar o teste com o aluno 10.

Em relação a exploração dos dados, em ambas as soluções estes foram manualmente extraídos das aplicações e tabelados, permitindo assim a análise comparativa das informações, considerando esta operação para cada aluno.

Após compilar as informações dos alunos, a média geral da variação percentual de todos os testes foi obtida. Como resultado, apresentado no Quadro 1, foi constatado uma variação percentual média geral de 1,3 % com a solução IFFarHeart, considerando a solução comercial da Magene H64 como referência.

Quadro 1 - Variação percentual média geral da solução IFFarHeart

Estudante	Aluno 01	Aluno 02	Aluno 03	Aluno 04	Aluno 05	Aluno 06	Aluno 07	Aluno 08	Aluno 09	Aluno 10	Média Geral
Variação percentual média em 10 min	1,2%	1,6%	1,5%	1,1%	1,6%	1,1%	1,4%	1,2%	1,3%	1,4%	1,3%

Com base nos resultados, é possível afirmar que a primeira versão protótipo para fins educacionais da IFFarHeart possui confiabilidade, pois há mínima variação percentual em relação a solução comercial comparada. Entretanto, para um teste fidedigno máximo, a solução desenvolvida poderia ser comparada com um equipamento de ECG clínico, considerado padrão-ouro para análise de biosinais cardíacos.

5.3. Pesquisa de satisfação

A pesquisa de satisfação foi aplicada com os professores e alunos envolvidos, obtidos por meio de questionários criados pela plataforma Google Forms, de forma separada para cada público. Este instrumento permitiu avaliar questões pertinentes a construção da IFFarHeart e sua utilização, bem como direcionadas a prática pedagógica docente e aplicação escolar. Houve abstenção de três alunos em resposta ao questionário.

Com base nas informações obtidas, tanto os professores quanto os alunos, em sua maior parte, consideraram a solução atrativa, de fácil usabilidade e ampla mobilidade.

Nas questões pedagógicas, os docentes - afirmaram que a solução poderia apoiar a prática nas aulas de Educação Física, especialmente na modalidade atletismo, apontando também a possibilidade de utilizar a solução desenvolvida em esportes de aventura e similarmente no condicionamento físico. Os estudantes - afirmaram que a

solução contribuiria de alguma forma para as atividades físicas escolares, considerando a página web com uma ferramenta interessante para o aprendizado.

6. Considerações finais

Este estudo possibilitou o desenvolvimento de uma solução computacional com a utilização do paradigma da IoHT, visando apoiar a prática pedagógica de Educação Física escolar com aplicação no IFFar-SVS, com a proposição de uma arquitetura de IoHT voltada para cunho educacional, envolvendo variadas tecnologias da TI, como IoT, Fog e Cloud Computing, Redes de Computadores e Programação.

A solução desenvolvida resolveu o problema de pesquisa identificado no campus em questão, trazendo uma alternativa computacional eficiente em relação aos métodos anteriormente utilizados pelos professores, como monitoramento da FC por técnica de palpação no pescoço ou frequencímetros *bluetooth* disponíveis para *smartphones*. A IFFarHeart permitiu ao professor monitorar a FC de até três alunos simultaneamente e em tempo real, atingindo distâncias de até 85 m ao ar livre entre as cintas cardíacas e o *gateway*, se diferenciando nesses aspectos da maioria das soluções comerciais atuais. A solução foi construída para ser utilizada totalmente sem fios, trazendo uma ótima experiência aos usuários em relação a mobilidade, possuindo bateria suficiente para o trabalho docente ininterrupto durante um dia inteiro.

Em relação a avaliação da solução, no primeiro momento foram realizados testes em campo juntamente com professores e alunos nas aulas de Educação Física e também em momentos de treinamento dos atletas do IFFar-SVS. Para os testes, os professores utilizaram a solução em variados esportes, como, futsal, basquete, voleibol, atletismo e musculação. Durante e após os testes, os docentes analisaram as informações obtidas com a solução na tela do *notebook*, onde fizeram demonstração aos estudantes sobre a variação da FC destes enquanto estavam utilizando as cintas cardíacas.

No segundo momento da avaliação, foram realizadas as pesquisas de satisfação com todos pesquisados, por meio de questionários disponibilizados na plataforma Google Forms. Cada estudante respondeu com seu *smartphone* pessoal, em sua maioria imediatamente após o uso da cinta cardíaca. Já para os professores, os questionários foram respondidos após a finalização de todos os testes, também com seu próprio *smartphone*. A pesquisa de satisfação apontou ótima avaliação em geral para a solução, considerada atrativa e confortável de utilizar, indicando potencial de ensino demonstrativo, questões estas que estimulam os alunos e favorecem o processo ensino-aprendizagem.

Na questão da fidedignidade na mensuração da FC pela IFFarHeart, o teste comparativo com a solução comercial Magene H64 constatou uma variação percentual média geral de 1,3% com a solução IFFarHeart, considerando a solução comercial como referência. Em decorrência, esta primeira versão protótipo para fins educacionais possui confiabilidade, pois há uma leve variação percentual em relação a solução comparada.

Como trabalhos futuros é esperado a adição de novos recursos para a solução, tais como a verificação da pressão arterial, temperatura corporal e estimativa de gasto calórico do estudante, questões sugeridas na pesquisa de satisfação aplicada.

Para maiores informações e detalhamentos, a dissertação a qual originou este estudo pode ser encontrada em (GONÇALVES, 2022).

Referências Bibliográficas

BAJAJ, S.; KUMBHAKARN, S.; BANDEKAR, A. **Smartbenches in Classroom**. 2018 International Conference on Inventive Research in Computing Applications

(ICIRCA). **Anais...**2018.

EYSENBACH, G. What is e-health? **J Med Internet Res**, v. 3, n. 2, p. e20, jun. 2001.

GARG, N. et al. BAKMP-IoMT: Design of Blockchain Enabled Authenticated Key Management Protocol for Internet of Medical Things Deployment. **IEEE Access**, v. 8, p. 95956–95977, 2020.

GOKHALE, P.; BHAT, O.; BHAT, S. Introduction to IOT. **International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology**, v. 5, n. 1, p. 41–44, jan. 2018.

GONÇALVES, D.; MEDINA, R. O Uso de Tecnologias eHealth Integradas a IoT como Possibilidade para Aplicação em Ambientes Educacionais: uma revisão sistemática de literatura. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 18, n. 2, p. 255–265, dez. 2020.

GONÇALVES, D. P. **IFFARRHEART: uma proposta de solução computacional IoHT para auxiliar a prática pedagógica de educação física**. Santa Maria, 2022. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/handle/1/27264>>. Dissertação de mestrado.

KETU, S.; MISHRA, P. K. Internet of Healthcare Things: A contemporary survey. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 192, p. 103179, 2021.

KOTHA, H.; GUPTA, V. IoT Application, A Survey. **International Journal of Engineering & Technology**, v. 7, p. 891, jul. 2018.

LIU, Y.; ZHOU, G. **Key Technologies and Applications of Internet of Things**. 2012 Fifth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation. **Anais...**2012. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6150221>>. Acesso em: 5 jan. 2020

LUDDEN, G.; SCHIFFERSTEIN, R.; HEKKERT, P. Beyond Surprise: a longitudinal study of responses to visual - tactual incongruities in products. **International Journal of Design**, v. 6, p. 1–10, jul. 2012.

MAGENE. **Manual do usuário do monitor de frequência cardíaca Magene H64**. Disponível em: <<https://pt.manuals.plus/magene/h64-heart-rate-monitor-manual>>. Acesso em: 25 set. 2022.

MAJEED, A.; ALI, M. **How Internet-of-Things (IoT) making the university campuses smart? QA higher education (QAHE) perspective**. 2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC). **Anais...**2018. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8301774>>. Acesso em: 3 ago. 2021

MOSS, R.; SÜLE, A.; KOHL, S. EHealth and mHealth. **European Journal of Hospital Pharmacy**, v. 26, p. 57–58, jul. 2019.

MUKHERJEE, A. et al. Internet of Health Things (IoHT) for personalized health care using integrated edge-fog-cloud network. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, v. 12, n. 1, p. 943–959, 2021.

NIEDDERER, K.; CLUNE, S.; LUDDEN, G. **Design for Behaviour Change: Theories and practices of designing for change**. [s.l.] Routledge, Taylor and Francis, 2017.

PANG, Z. **Technologies and Architectures of the Internet-of-Things (IoT) for Health and Well-being**. [s.l.] KTH, VinnExcellence Center for Intelligence in Paper and Packaging, iPACK, 2013.

PPC-IFFAR. **Projetos Pedagógicos dos cursos Técnicos**. Disponível em: <<https://www.iffarroupilha.edu.br/projeto-pedagogico-de-curso/campus-sao-vicente-do-sul>>. Acesso em: 3 fev. 2021.

RAMSON, J. Energy-Aware Duty Cycle Scheduling for Efficient Data Collection in Wireless Sensor Networks. jul. 2013.

RAMSON, S. R. J.; MONI, D. J. A case study on different wireless networking technologies for remote health care. **Intelligent Decision Technologies**, v. 10, n. 4, p. 353–364, 2016.

RAZDAN, S.; SHARMA, S. Internet of Medical Things (IoMT): Overview, Emerging Technologies, and Case Studies. **IETE Technical Review**, v. 0, n. 0, p. 1–14, 2021.

SANTOS, I. B. et al. Projeto e implementação de um gateway de internet das coisas (IoT) para otimização e monitoramento de processos do agronegócio. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 344–369, 2020.

SUMMIT, S. **Telemedicina, eHealth e mHealth: o que nos reservam?** Disponível em: <<https://summitsaude.estadao.com.br/tecnologia/telemedicina-ehealth-e-mhealth-o-que-nos-reservam/>>. Acesso em: 2 mar. 2021.

YI, S. et al. **Fog Computing: Platform and Applications**. 2015 Third IEEE Workshop on Hot Topics in Web Systems and Technologies (HotWeb). **Anais...2015**. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7372286>>. Acesso em: 2 ago. 2021

YUCE, M. R. **Recent wireless body sensors: Design and implementation**. 2013 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on RF and Wireless Technologies for Biomedical and Healthcare Applications (IMWS-BIO). **Anais...2013**. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6756254>>. Acesso em: 12 fev. 2020