

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA PARA MONITORAMENTO REMOTO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE PESSOAS ACAMADAS

KANOP, Matheus ¹
GIORDANI, Fernando ²

RESUMO

O objetivo foi estudar os princípios básicos que envolvem processos de tecnologias de baixo custo aplicados à saúde e desenvolver um protótipo associado a um aplicativo de smartphone para fazer a demonstração da captação dos sinais vitais do corpo humano. O avanço tecnológico cresceu de forma exponencial em todas as áreas do conhecimento. A velocidade com que ocorreu o processo de automatização resultou na grande demanda de produtos e serviços que de alguma forma refletiu diretamente na qualidade de vida da população. Para o alcance dos objetivos a metodologia de pesquisa utilizada foi bibliográfica e exploratória. Nos resultados e discussão podemos falar que o protótipo desenvolvido funcionou de maneira eficiente, conseguindo captar sinais e frequências do corpo humano, provando que pequenos dispositivos eletrônicos podem ser programados para realizar tarefas ligadas à prevenção e manutenção da saúde dos seres vivos. Assim concluímos que mesmo jogando 100% do valor que foi gasto no protótipo para seu aperfeiçoamento, o valor final não se aproxima com o eletrocardiograma mais barato disponível no mercado.

PALAVRAS-CHAVE: IOT, Tecnologia, Saúde, Sistemas-Embarcados.

ABSTRACT

The subject of this article describes the low-cost technological applications aimed at healthcare implemented by the concepts of the Internet of Things (IOT) and associated with the electronic advances of embedded systems. The objective was to study the basic principles involving low-cost technology processes applied to healthcare and develop a prototype associated with a smartphone application to demonstrate the capture of vital signs in the human body. Technological advancement has grown exponentially in all areas of knowledge. The speed with which the automation process occurred resulted in the great demand for products and services that somehow directly reflected on the population's quality of life. To achieve the objectives, the methodology was the writing of the theoretical framework of the concepts used in the article and the materials used in making the prototype, preparing the prototype as well as programming it. In the results and discussion, we can say that the prototype developed worked efficiently, capturing signals and frequencies from the human body, proving that small electronic devices can be programmed to perform tasks related to the prevention and maintenance of the health of living beings. So we conclude that even playing 100% of the value that was spent on the prototype for its improvement, the final value does not come close with the cheapest electrocardiogram available on the market.

KEYWORDS: IOT, Technology, Health, Embedded Systems.

¹Acadêmico do curso de Sistemas de informação do Centro Universitário Assis Gurgacz. Email: mefkanop@minha.fag.edu.br.

²Docente orientador do curso de Sistemas de Informação do Centro Universitário Assis Gurgacz. Email: sistemasfag@fag.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

Diversas situações podem levar uma pessoa a ficar acamada, seja por paraplegia, acidente, cirurgia ou algum outro problema que possa acometê-la e causar dificuldades de mobilidade por um longo período. Quando isso ocorre, o paciente está sujeito a enfrentar certos problemas comuns nesse tipo de situação, como escaras. As escaras são conhecidas por serem ferimentos causados pelo período estacionário de uma pessoa e seu tratamento costuma ser demorado e dolorido. Apesar de já existirem diversos procedimentos para estes casos, um problema notável dos cuidados dos pacientes com problemas de mobilidade é que são tipicamente desconfortáveis, caros e invasivos. Os cuidadores de pessoas para esses casos têm a obrigação de movimentar os pacientes e fazer a coleta de dados fisiológicos periodicamente, além destes já estarem sendo monitorados por diversos equipamentos conectados ao seu corpo (ABDULLAH & ISLAM, 2016).

A principal dificuldade na identificação de alterações dos batimentos cardíacos de um indivíduo é que a arritmia quase não possui sintomas como outras doenças, das quais sintomas assíduos podem ser visualmente notados, conforme exemplos: de hepatites; câncer; e outras doenças com patologias de sintomas visíveis. A hipertensão acaba sempre passando despercebida gerando um diagnóstico tardio e o início de um tratamento atrasado (SBH, 2018).

A utilização de um modelo de sistemas na telemedicina se destaca, pois possibilita a integração entre diversos artefatos tecnológicos, como os sistemas embarcados, a comunicação à internet, os dispositivos móveis e o acesso aos servidores web (NEXXTO, 2021).

O monitoramento remoto de pacientes é mais uma inovação tecnológica. Por meio do RPM (sigla inglesa para *Remote Patient Monitoring*), as pessoas podem ter alguns índices acompanhados à distância, isso tudo sem filas, deslocamentos e esperas prolongadas no consultório (NEXXTO, 2021).

A funcionalidade mais conveniente no monitoramento remoto dos pacientes se dá pela flexibilidade no exercício do trabalho, consequentemente melhorando e aprimorando a experiência das pessoas, tanto o desenvolvimento da interação médica quanto do paciente, afinal de contas a coleta de dados vai ocorrer a todo momento, sem levar em consideração o local onde a pessoa esteja. E podemos também destacar que gera mais autonomia para que os

próprios pacientes possam checar os seus dados, tendo assim um maior controle e precisão na resposta diante de uma necessidade de ir ao consultório médico (NEXXTO, 2021).

Devido à grande dificuldade no monitoramento dos sinais vitais de pessoas que estão em estado de observação, a baixa disponibilidade de equipe médica para realizar as aferições dos sinais vitais e o alto custo e baixa disponibilidade de equipamentos para realização das aferições, realizar aferição da pulsação cardíaca periodicamente é uma medida preventiva para cuidar do coração, sendo este um procedimento amplamente divulgado por profissionais da área da saúde como o meio mais simples de identificar problemas que se relacionam a este músculo (CAVALCANTE, 2020).

A complexidade deste problema consiste em aferir corretamente o pulso cardíaco, transmitir e dispor esta informação em meio eletrônico. Existem produtos no mercado contemplando os requisitos descritos, mas devido ao preço elevado tornam-se menos acessíveis (FORTUNA, 2018).

Desta forma houve a necessidade de criar um dispositivo de baixo custo capaz de disponibilizar, em meios móveis, a leitura do pulso cardíaco do indivíduo, em intervalos de tempo adequados. Assim será possível acompanhar remotamente as condições físicas dele, podendo ser usado por profissionais da saúde para diagnosticar doenças cardíacas ou dificuldades físicas.

Como objetivos específicos para apresentar temos o uso da tecnologia na área da saúde, analisar e comparar trabalhos correlatos ao assunto e armazenar/visualizar a leitura do dispositivo por meio de uma página na internet.

A questão a ser validada neste artigo é a possibilidade de se criar um sistema embarcado que realize o monitoramento cardíaco de pacientes, que se comparado a equipamentos com o mesmo propósito, seja de baixo custo e cujos dados coletados possam ser acessados em uma plataforma web.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 TECNOLOGIA E SAÚDE

Os investimentos tecnológicos na área da saúde iniciaram na década de 1970 nos Estados Unidos com o propósito de melhorar o processo de solicitação de exames complementares, redução de custos e a diminuição de testes desnecessários. No Brasil, somente na década de 1990 é que foi observado o desenvolvimento da proposta de implementação de tecnologias nos sistemas e serviços de saúde por meio do financiamento externo para o fortalecimento do Sistema Único de Saúde (SUS). Constantemente as tecnologias de informação e comunicação são utilizadas com a finalidade de auxiliar e otimizar a assistência mediante os auxílios nas tomadas de decisões (LOPES e HEIMANN, 2016).

No cenário brasileiro pode-se observar a incorporação das tecnologias nas rotinas diárias dos indivíduos, seja nas atividades pessoais, profissionais ou de entretenimento. Sendo assim, as tecnologias de informação e comunicação se apresentam como ferramentas de transformação dos processos de trabalho na Atenção Primária à Saúde (APS), no que concerne a sua implantação, permite alcançar os usuários facilitando o processo de ensino-aprendizagem, além de promover o desenvolvimento dos colaboradores, tomada de decisões clínicas e construção coletiva de diagnósticos sobre o território da saúde (FARIAS *et al.*, 2017).

Presencia-se recentemente um grande marco de transformações na área da saúde. Inovações tecnológicas de diversas naturezas, como: inteligência artificial; dispositivos vestíveis com sensores; *big data*; *cloud*; e engenharia genética estão alcançando um patamar tão alto de desenvolvimento, que passam a ter o seu uso mais frequente dentro de instituições de saúde. Elas tendem a vir para somar, melhorar e flexibilizar o acesso à saúde. Reduzir os custos e auxiliar no desenvolvimento de novos tratamentos são valores que estão atrelados ao seu escopo (MESKO, 2020).

No campo que reúne as iniciativas feitas por máquinas, também há estudos promissores. Um deles, realizado com dados do World Mental Health de 24 países, resultou na identificação de 20 grupos de risco para o transtorno de estresse pós-traumático (TEPT). Técnicas de *machine learning*, ou aprendizado de máquina, foram aplicadas para construir um algoritmo capaz de selecionar perfis que teriam mais chances de desenvolver a doença. No grupo classificado pelo algoritmo como o de maior risco, mais da metade dos indivíduos apresentaram TEPT. Quando apoiados por big data e conceitos científicos, os cálculos realizados pelas máquinas

se tornam ainda mais assertivos, chegando a detectar anomalias e até patologias. Na Universidade de Stanford, estudiosos criaram um algoritmo tão eficaz quanto os dermatologistas na detecção de câncer de pele (MORSCH, 2019, 69).

Como os dados estão sendo armazenados na internet, especialistas da área médica podem acompanhar remotamente as medições, verificar alterações nos pacientes que sugerem problemas de saúde, melhorando seus diagnósticos em logo prazo. As inovações dos aparelhos vestíveis beneficiam o trabalho de profissionais como: médicos da família; obstetras; ginecologistas; cardiologistas (MESKO, 2020). Esses dados podem ainda ser agregados a outros dados de milhões de pessoas ao redor do mundo, gerando o que se chama de *big data*, um gigantesco banco de dados on-line, ao qual médicos podem ter acesso para realização de auxílio em tomada de decisões e acompanhamento de possíveis patologias a serem desenvolvidas pelo paciente (MESKO, 2020).

1.1 Telemedicina

Para as ciências, que de modo direto influenciam nas práticas de cuidado do ser humano na dimensão de prevenção, manutenção, recuperação e cuidado, como é o caso das ciências abrangidas pelas áreas da enfermagem, farmacologia, fisioterapia, odontologia, educação física, dentre outras, bem como na medicina, de um modo geral, a contribuição tecnológica tem sido de valor significativo. O conceito de telemedicina é extraído dessa aplicabilidade de tecnologia voltada à medicina (PAIM, 2018).

A medicina é uma das ciências que mais utilizam informação de forma intensiva. Podemos entender melhor o papel e as aplicações da informática na área por meio do chamado processo médico, que compreende uma série de etapas que têm como objetivo a resolução de um problema de saúde do paciente. A primeira consiste em coletar um conjunto de dados por meio do exame físico, da anamnese (tomada da história clínica), exames laboratoriais e de imagens etc. A segunda envolve a decisão quanto ao diagnóstico. A terceira e última etapa é a conduta, que tem um componente de decisão (qual abordagem utilizar para resolver o problema) e outro de execução (terapia propriamente dita, que pode ser cirúrgica, física, medicamentosa, e assim por diante) (SABBABATINI, 2007, p. 148-149).

Os sistemas de telemedicina são bastante aplicados no monitoramento de pacientes, como por exemplo, uma proposta feita no estado de Santa Catarina, no ano de 2012, de aplicação de determinado sistema de telemedicina, que funcionaria como uma rede para disponibilizar resultados de exames, incluindo eletrocardiogramas, equipamentos de tomografia computadorizada, ressonância magnética e raio-X e laudos médicos para acesso à distância pelos profissionais, em mais de uma clínica ou centro de atendimento (ANDRADE, 2012).

Nesse mesmo sentido, autores como Khandpur (2017) reforçam que a telemedicina é um suporte de informações eletrônicas e de tecnologias de comunicação para serem utilizadas quando os cuidados em saúde necessitarem unir o paciente ao médico, independentemente de onde estiverem.

Além desses posicionamentos, a telemedicina também pode ser definida como o acesso e o compartilhamento remoto e de maneira rápida de conhecimentos médicos por meios de telecomunicações e tecnologias da informação, não importando onde a informação ou os pacientes estejam localizados (HARTING, 2019).

Dentre as prestações de serviços médicos à distância que compõem a telemedicina, encontram-se a teleconsulta, o telemonitoramento e a telementoria, que são explicadas a seguir.

Atualmente na teleconsulta são realizadas consultas por meio do uso de telecomunicações remotas, com a finalidade de se obter um diagnóstico ou indicações de tratamento de um médico para o paciente, que se encontram fisicamente distantes (TAHAN *et al.*, 2015).

O telemonitoramento realiza o uso de dispositivo de monitoramento, durante intervalos de tempo, sem necessariamente injetar qualquer tipo de sensor no corpo do paciente, trazendo vantagens de mobilidade, com boa aplicabilidade em pacientes crônicos, além do compartilhamento dos resultados entre os profissionais médicos (ARTHY, 2018). Entre seus benefícios, há estudos como o do autor El-miedny-y (2017), que evidenciam os resultados positivos obtidos com o uso de aplicativos e o fornecimento dos dados produzidos por meio de uma interface, quando utilizados no monitoramento de dietas, adesão de medicamentos e outros tipos de tratamento em saúde.

Já a telementoria, se trata do uso da telemedicina como tecnologia por meio de videoconferência para o ensino e o aprendizado quanto ao tratamento de doenças. Um total de 34, especificamente, em se tratando do conjunto de instruções, orientações e de ensinamentos que um especialista disponibiliza a outro profissional menos habilitado em um determinado campo de atuação, a partir de um local remoto, com a utilização de áudio e/ou vídeo ou ao vivo (TAHAN *et al.*, 2015).

Com a aprovação da lei nº. 13.989/2020, o número de atendimentos por telemedicina vem aumentando gradativamente, garantindo e ampliando o acesso à assistência à saúde em todo o país, principal benefício que a telemedicina traz aos sistemas de saúde. Cordioli (2017) reforça que essa decisão deve ser do médico, claro que sempre com a anuência do paciente (MEDICINASA, 2021).

2.2 AUTOMAÇÃO

A automação consiste na área de aplicação de ferramentas tecnológicas diversas que facilitem e tornem possível a prática, controle e execução de tarefas específicas de modo programado e completamente ou parcialmente autônomo. Como exemplos de automação há sistemas de produção em indústrias automotivas, de controle de tráfego, de segurança e vigilância industrial ou domiciliar, dentre outros, como inclusive para uso a favor da saúde. A parte do protótipo em desenvolvimento com esta pesquisa pode ser definida como embarcado simples. Como Farias (2010, 35) define o tipo embarcado, “aquele dispositivo que difere do computador pessoal por ter um propósito geral de realizar um conjunto de tarefas com requisitos específicos”, como por exemplo, os que atuam em tempo real.

Sistemas embarcados são pequenos sistemas de computação que são projetados e programados para controlar pequenas tarefas, ao contrário dos computadores de propósito geral. Sistemas embarcados normalmente possuem especificações fixas de hardware escolhidas para as tarefas que eles são projetados a realizar (ALMEIDA, 2016).

Uma das vantagens da utilização de sistemas embarcados, importante de ser citada, é a de economia de energia para seu funcionamento. No entanto existem limitações quanto ao processamento, por conta de o hardware não suportar demasiadas operações, que são compensadas pela especificidade das tarefas a serem realizadas como no caso do sistema proposto que trata da captação e transmissão de poucas variáveis, o que torna o controle mais preciso (ALMEIDA, 2016).

A impressora 3D é um aparato tecnológico que consegue realizar a impressão de objetos em formato tridimensional. Com ela, é possível desenhar qualquer tipo de item em programas de computador e fazer a impressão. Assim, são desenvolvidos objetos decorativos, peças para a indústria e, mais recentemente, células e até mesmo órgãos humanos, que podem ser aproveitados na área médica. O que antes parecia coisa de filme de ficção científica, hoje já é uma realidade! Centros de pesquisas de grandes universidades e hospitais já fizeram testes em que a impressão 3D obteve êxito ao ser aplicada na medicina. Fabricantes já estão produzindo pâncreas artificiais capazes de substituir o órgão original sem prejuízos ao paciente. O pâncreas projetado e impresso em 3D é capaz de melhorar o funcionamento do organismo, eliminando males como o diabetes tipo 1. A doença é provocada por uma deficiência na produção de insulina. Portanto, implantar um pâncreas com essa capacidade resolveria o problema (MORSCH, 2019).

A Internet das Coisas (IoT) se resume no mundo de objetos conectados. Estima-se que em breve a maioria dos objetos de uso comum estejam conectados entre si pela rede, dando origem a uma comodidade em residências, empresas e locais públicos. Por exemplo, a casa de um idoso poderá contar com sensores no chão para identificar quedas e notificar cuidadores, familiares ou até serviços de emergência, como o SAMU, não muito longe da realidade, pois com a popularização dos dispositivos vestíveis está se tornando mais rotineiro o uso de sensores (FORBES, 2018).

Para Lobo (2017), a inteligência artificial (IA) tem um papel fundamental para resolver a deficiência do exame clínico na atenção médica, que atualmente torna o diagnóstico clínico mais dependente de exames complementares. Nota-se também que cada vez mais o computador é uma peça-chave na medicina e na saúde pública. A inteligência artificial processa esses dados por meio de algoritmos, que tendem a se aperfeiçoar pelo seu próprio funcionamento, ou seja, quanto mais dados a rede neural puder analisar, menor será a sua margem de erro e assim poderá propor hipóteses mais precisas. Sistemas computadorizados de apoio à decisão clínica, processando dados de pacientes, têm indicado diagnósticos com elevado nível de assertividade (HAMMER, 2018).

O supercomputador da IBM, nomeado como Watson, armazenou um volume exuberante de informações da saúde, criando redes neurais de processamento de dados em vários campos, como a oncologia e a genética. Watson assimilou dezenas de livros-textos em medicina, toda a informação do PubMed e Medline, e milhares de prontuários de pacientes do Sloan Kettering Memorial Cancer Hospital. Sua rede de oncologia é consultada por especialistas de muitos hospitais em todo o mundo. (HAMMER, 2018, p.15).

Sistema Especialista (SE) é uma técnica da inteligência artificial (IA), que emula o comportamento de especialistas humanos em sua área de domínio, na resolução de problemas complexos que demandam uso intensivo de conhecimento especializado para sua solução (Rezende, Pugliesi, Varejão, 2018).

Para Weiss e Kukikowski (2017), o SE lida com problemas complexos do mundo real, que geralmente necessitariam da análise e interpretação de um especialista, e solucionados por meio de um modelo computacional com raciocínio de um ser humano, de forma a chegar às mesmas conclusões que as de um especialista no assunto. Um SE consiste na estruturação do conhecimento e nas experiências de especialistas humanos, mediante uma representação computacional que permita a aplicação de métodos consistentes de processamento em computador (Spirandelli, Santos, Rodrigues & Bandos, 2019).

Para auxiliar na construção de SEs, foram criadas ferramentas orientadas à engenharia do conhecimento denominadas “shells”. Uma shell permite que o desenvolvedor do sistema se preocupe somente com a representação do conhecimento do especialista, ficando para si a tarefa de interpretar o conhecimento representado e executá-lo em uma máquina. Além disso, a shell fornece explicações de como o sistema chega à determinada conclusão (Rezende, 2018).

Os SEs possuem a seguinte arquitetura (Weiss & Kukikowski, 1988): banco ou base de conhecimento, mecanismo ou motor de inferência e a interface com o usuário. A base de conhecimentos representa a informação, fatos e regras, que um especialista utiliza. O motor de inferência é responsável pela ação repetitiva de buscar, analisar e gerar novos conhecimentos. A interface garante a interação entre o SE e o usuário.

Muitas são as abordagens encontradas para definir o que são os sistemas de informações gerenciais (SIG). Em conformidade com Laudon (2018, 80), a expressão sistemas de informações gerenciais, “designa uma categoria específica de sistemas de informações que atendem aos gerentes de nível médio”.

Nesse sentido, Laudon (2018, 45) ainda afirma que “a inteligência empresarial é um termo contemporâneo para dados e ferramentas de software que organizam, analisam e disponibilizam os dados para ajudar os gerentes e outros usuários corporativos a tomarem decisões mais embasadas nas informações”. Desse modo, os sistemas de inteligência empresarial também auxiliam a gerência média no monitoramento, controle, atividades e tomadas de decisões nas organizações.

Em resumo, os SIGs, oferecem relatórios de desempenho da organização e usam dados fornecidos pelos sistemas de processamento de transações, possibilitando a consulta desse material de maneira on-line.

Durante a pandemia, a Universidade de Stanford desenvolveu uma tecnologia “*lab on a chip*”, com a finalidade de detectar COVID-19. O mecanismo pode identificar a contaminação em 30 minutos, com um aparelho portátil. Tecnologias como essa serão o foco das pesquisas em genética em 2021 (AMPLIMED, 2021).

Descobertas nesse campo vão acelerar outros avanços tecnológicos da medicina para 2021. Quanto mais é descoberto sobre genética, mais precisos e personalizados podem ser os tratamentos médicos. Então, os médicos podem prescrever tratamentos com maior assertividade de acordo com o perfil genético do paciente. Quanto maior a precisão dos tratamentos, maior sua efetividade (MACHADO, 2021).

Edição genética nos possibilita influenciar em traços hereditários específicos. Assim, o resultado das intervenções é propagado quando as células criam proteínas. Trata-se, portanto, de uma manipulação da manifestação fenotípica que é executada com técnicas como CRISPR-Cas9. Profissionais já utilizaram esse procedimento em casos de Distrofia Muscular de Duchenne, doenças cardiovasculares e câncer (AMPLIMED, 2021).

A medicina de precisão, como é conhecida, é uma tendência que reúne conhecimentos de diferentes campos científicos. O objetivo desse modelo é customizar os tratamentos de acordo com o perfil genético individual. Com isso, as terapêuticas serão mais efetivas e terão menos efeitos colaterais (MACHADO, 2021).

1.2 MONITORAMENTO CARDÍACO

Existem muitas formas de realizar procedimentos de monitoramento cardíaco, alguns mais complexos pela quantidade significativa de variáveis que são levadas em conta para a análise e outros mais simples. O eletrocardiograma (ECG), conforme afirma Reis (2013), consiste na representação gráfica dos movimentos e ações do coração, e se tornou popular por ser considerado de rápida e fácil execução, não invasivo, ou seja, que não necessita obrigatoriamente de intervenção interna às camadas dos tecidos do corpo do paciente e por ser disponibilizado de forma ampla. Parte-se da necessidade de obter informações sobre a atividade cardíaca, tal como com o uso do ECG, mas de modo mais simples e resultados mais restritos, o que torna mais prática a realização do procedimento de coleta dos dados.

A técnica de oximetria de pulso arterial segundo Carrara *et al.* (2009) é um método que pode ser usado no caso em que se queira identificar alterações a nível de frequência e ritmo cardíaco e taxa de oxigenação do sangue arterial. Este processo ocorre pela recepção por parte de um sensor com a absorção da luz infravermelha na hemoglobina oxigenada e reduzida.

Ao utilizarmos sensores para realizar aferimento do pulso cardíaco temos as vantagens de não haver equívocos, e menos erros na hora da verificação pois os sensores realizarão a medição por um período mínimo e trarão o resultado em média daquele período, sendo assim poderemos avaliar a onda ECG para verificar os seus intervalos e com base na idade do indivíduo poderemos determinar se ele se encaixa dentro de um perfil de saúde que vai de excelente a ruim.

A maior vantagem consiste em ser um protótipo barato que poderá atender demandas residenciais e ou até mesmo empregado em pequenos centros clínicos que não recebam repasses de verbas adequadas para compra de equipamentos sofisticados.

Unindo este protótipo com sensor a causa de instabilidade de hospitais o paciente será monitorado na sua maca ou em qualquer ambiente coberto pela tecnologia wi-fi.

2.2.1 Frequência Cardíaca

A frequência cardíaca é medida com batimentos por minutos (Bpm) e define a quantidade de vezes que o coração pulsa durante um período. Existem valores definidos em média para a frequência cardíaca, que variam por idade, situações temporárias e condições de saúde. A frequência cardíaca quando baixa pode indicar problemas metabólicos, doenças cardiovasculares, exaustão e outras situações. Já a frequência cardíaca alta pode diagnosticar pressão alta, insuficiência cardíaca, infarto e outras situações de riscos (VIEGA, 2017).

A tabela 1, que segue, mostra a frequência cardíaca normal para homens em repouso. Na primeira linha tem-se o intervalo de idades; naturalmente quanto maior for a idade a tendência é a frequência cardíaca ser maior, e na primeira coluna temos uma análise da qualidade da frequência cardíaca indo de excelente até ruim.

Tabela — Tabela de frequência cardíaca em adultos homens em repouso

Idade	18-25 anos	26-35 anos	36-45 anos	46-55 anos	56-65 anos	+65 anos
Excelente	56-61	55-61	57-62	58-63	57-61	56-61
Boa	62-65	62-65	63-66	64-67	62-67	62-65
Normal	70-73	71-74	71-75	72-76	72-75	70-73
Pior	74-81	75-81	76-82	77-83	76-81	74-79
Ruim	+82	+82	+83	+84	+82	+80

Fonte: Lima (2021).

A tabela, 2 que segue, mostra a frequência cardíaca normal para mulheres em repouso. As mulheres têm um diferencial por seu corpo na maioria das vezes ser menor que o do

homem; a pressão arterial contribui para a frequência cardíaca ser mais elevada do que a do homem.

Tabela 1 — Tabela de frequência cardíaca em adultos mulheres em repouso

Idade	18-25 anos	26-35 anos	36-45 anos	46-55 anos	56-65 anos	+65 anos
Excelente	61-65	60-64	60-64	61-65	60-64	60-64
Boa	66-69	65-68	65-69	66-69	65-68	65-68
Normal	74-78	73-76	74-78	74-77	74-77	73-76
Pior	79-84	77-82	79-84	78-83	78-83	77-84
Ruim	+85	+83	+85	+84	+84	+84

Fonte: Lima (2021).

Quando a frequência estiver acima dos valores demonstrados na tabela, então deverá ser recomendada a prática de exercícios regulamentares, porque isto realiza o melhoramento da capacidade cardíaca, fazendo com que o coração consiga bombear a mesma quantidade de sangue, com menos esforço, o que naturalmente já realiza uma boa diminuição da frequência cardíaca em repouso. Mas afinal quais são os indicadores para a alteração da frequência cardíaca? Considerou-se como alteração a variação acima de 100 batimentos por minuto. Os principais fatores que alteram a frequência cardíaca nem sempre são causados por alguma situação preocupante, o coração pode ficar batendo mais forte ou acelerado em situações do dia a dia, bem como: fortes emoções; ataques de pânico ou ansiedade; durante a relação sexual; quando há febre; durante a prática de exercícios; e o alto consumo de álcool ou cafeína (LIMA, 2021).

3 METODOLOGIA

Este capítulo irá apresentar os materiais pesquisados e definidos para a elaboração do projeto, assim como as etapas de desenvolvimento do protótipo.

Para o desenvolvimento deste sistema, várias questões foram abordadas, como por exemplo, o correto funcionamento do dispositivo; o melhor local onde o dispositivo pode ser colocado a fim de se obter uma melhor aferição dos dados; possíveis interferências surgidas na transmissão de dados em geral. Além disso, também foram utilizados alguns artigos retirados de periódicos e/ou localizados pelo Google Acadêmico, de sites de tecnologia e inovação e livros sobre o assunto, possibilitando o levantamento bibliográfico dos dados, caracterizando uma pesquisa bibliográfica e exploratória.

O critério para a escolha dos artigos foi o volume de informações, tendo base em autores renomados no assunto, utilizando-se ainda de autores que estiveram presentes frequentemente na maioria dos artigos e textos pesquisados. As palavras-chave utilizadas para a localização foram: Desenvolvimento de protótipo com Arduino; Telemedicina; Arduino e Saúde; Inovações tecnológicas na saúde; Monitoramento Remoto de ECG baseado em IOT com sensor de fotopletismografia; entre outras. Quanto ao período da pesquisa, este ocorreu entre o mês de fevereiro e o mês de junho do ano de 2021.

Este estudo se baseou em uma estratégia de cunho qualitativo, de caráter exploratório, de natureza aplicada unida à pesquisa bibliográfica.

3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO MÉTODO

A pesquisa se caracteriza enquanto pesquisa bibliográfica na medida em que ela se fundamenta em documentação e levantamento bibliográfico, objetivando colocar o pesquisador em contato com o que já se produziu a respeito do seu tema de pesquisa. Pode ser ainda definida como exploratória, visto que proporciona ao pesquisador maior familiaridade com o assunto abordado (PÁDUA, 2004).

A pesquisa bibliográfica é fundamentada em documentação e bibliografia; sua finalidade é colocar o pesquisador em contato com o que já se produziu a respeito do seu tema de pesquisa. Essa pesquisa também é definida como exploratória, que tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o assunto (PÁDUA, 2007).

Conforme relatos de Gil (2008), as pesquisas exploratórias são desenvolvidas para proporcionar uma visão geral sobre o assunto, especialmente quando o tema escolhido é

pouco explorado e torna-se difícil formular hipóteses precisas e operacionalizáveis. Assim, as pesquisas exploratórias têm como principal objetivo desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, formulando problemas mais precisos e hipóteses pesquisáveis a partir de estudos posteriores. Elas podem envolver levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de casos (GIL, 2008).

Em relação aos resultados o trabalho se caracteriza como pesquisa qualitativa. Segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa qualitativa pode ser entendida como uma relação dinâmica entre o mundo e o sujeito, ou seja, um vínculo entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser trazida em números. O uso da pesquisa qualitativa não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas, dessa forma o ambiente natural se torna a fonte direta para a coleta de dados em que o pesquisador é o instrumento-chave. Por ser uma pesquisa descritiva, os pesquisadores tentam analisar os dados individualmente, sendo que o processo e significados analisados são os focos principais da abordagem.

Tomando como ponto de partida os objetivos do estudo, decidiu-se também adotar por uma pesquisa de natureza aplicada, tendo em vista que se concentra em torno dos problemas que permeiam as atividades de organizações, instituições, grupos ou atores sociais. Com objetivos como: elaborar diagnósticos; identificação de problemas e busca de soluções; respondendo a uma demanda elaborada por clientes, atores sociais ou instituições. (THIOLLENT, 2018).

Além disso, no que se diz respeito à pesquisa aplicada, pode-se colocar na definição a capacidade de gerar impacto. Assim, para Fleury e Werlang (2017, p. 11-12), é definida como: “conjunto de atividades nas quais conhecimentos previamente adquiridos são utilizados para coletar, selecionar e processar fatos e dados, a fim de se obter e confirmar resultados, e se gerar impacto”.

3.2 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A presente pesquisa contará com as etapas: levantamento bibliográfico; levantamento dos requisitos para criação dos diagramas UML; etapa de programação de desenvolvimento do sistema; desenvolvimento do protótipo estacionário; testes; e a finalização/entrega do sistema.

O levantamento bibliográfico é a etapa em que se fará uso de um conjunto de livros, artigos e sites com relação aos conteúdos tratados, para discorrer sobre o estudo, a fim de cumprir com os objetivos propostos.

Por sequência, o levantamento de requisitos conterà a parte em que serão coletadas e analisadas funcionalidades, necessárias para atender com o que foi proposto e que serão implementadas a um aplicativo já existente, onde serão produzidos os diagramas de casos de uso, diagrama de classes e de atividades que se localizam no apêndice A. Para confecção de ambos foi utilizada a ferramenta Draw IO.

A parte de programação e desenvolvimento ficará a par de implementar as funcionalidades mapeadas nos processos anteriores em um dispositivo já existente, tanto no *back-end*, ou seja, na programação do microcontrolador, onde se localizam a maioria das regras de negócio, quanto a parte de configuração da plataforma UBIDOTS *front-end*, que já existe e é utilizada em diversas aplicações e será responsável pela interação e visualização final de dados por parte do usuário, onde se utilizará a plataforma.

As funções que realizam a aferição da pulsação cardíaca, e enviam os dados para a nuvem para que possam ser visualizadas remotamente, serão validadas em quesito de integridade, exceções, assertividade e outras propriedades que garantem que um sistema tenha maestria em suas funções de uso, e esta programação será feita na etapa de testes.

E, por fim, após passar por todas as etapas anteriores e garantir que o sistema está cumprindo com os objetivos propostos e funcional, será feita a entrega, finalizando o sistema.

3.3 FERRAMENTAS UTILIZADAS

A seguir apresentar-se-á um detalhamento sobre as ferramentas que foram propostas para o desenvolvimento do protótipo, onde o dispositivo NodeMCU ESP8266 será o chão de programação para a confecção do protótipo. Nele foi implementado o código que fará a conexão com a internet e o envio dos dados coletados. Neste dispositivo também será conectado o sensor que ficará em contato com o ser humano realizando a coleta de dados, aferindo constantemente o pulso cardíaco. O dispositivo NodeMCU ESP8266 estará protegido pela *case* e o sensor responsável pela coleta de dados será conectado pelos cabos.

3.3.1 Hardware Arduino

O Arduino pode ser compreendido, segundo McRoberts (2011, p. 22), como “um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele”, como afirma o site oficial do projeto (ARDUINO.cc, 2014, on-line): “uma plataforma de prototipagem eletrônica aberta controlada através do microcontrolador Atmega328, composta de entradas e saídas (input/output – que variam a depender do modelo de placa) que permite a integração com diversos sensores e *shields*”, aumentando com isso, a abrangência de sua utilização para variados fins. Como afirma Monk (2013), diversos projetos com Arduino e Android já implantados e outros em fase de desenvolvimento, como redes de automação residencial, monitoramento de umidade, incêndios, presença, dentre outros, usam do conceito em que o smartphone ou tablet controla ou comunica-se com o Arduino. Uma das vantagens de seu uso é que possui o hardware e software *open sources*, significando dizer que é livre para usá-lo e adaptá-lo às suas necessidades, mesmo que para fins comerciais, sem precisar pedir autorização ou pagar taxas.

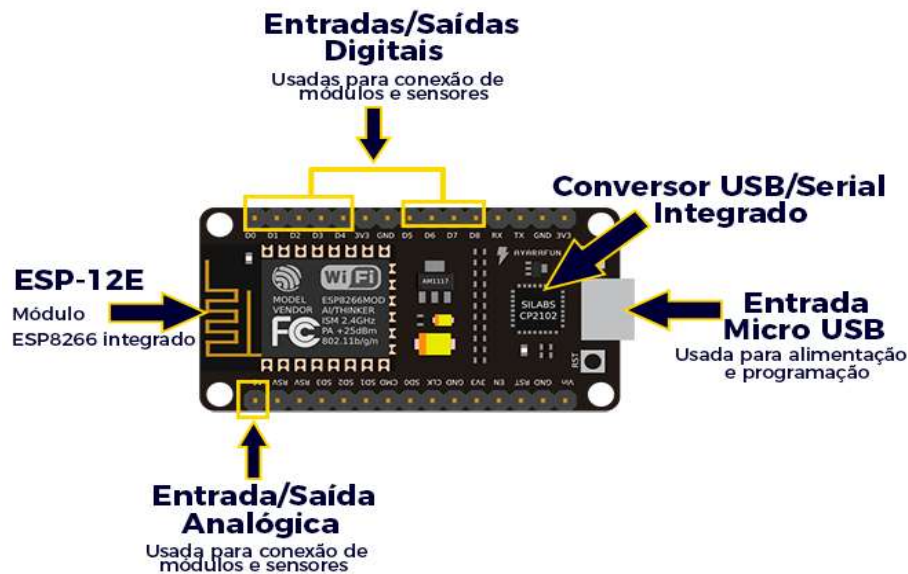
O protótipo proposto é formado por diferentes componentes eletrônicos. O componente principal que desempenha as ações e gerência os sensores é uma placa microcontrolada conhecida como NodeMCU V3 ESP8266.

NodeMCU é uma plataforma *open source* da família ESP8266 criada e produzida pela Lolin para ser utilizada no desenvolvimento de projetos IOT. Este é o dispositivo mais utilizado dentre os outros de sua fabricante por se destacar em possuir um conversor Universal Serial Bus (USB) serial integrado. Sua plataforma é composta basicamente por um chip controlador (ESP8266 – ESP-12E), uma porta micro USB para alimentação e programação, e já possui wi-fi nativo (OLIVEIRA, 2016).

Um dos grandes destaques é que podemos utilizar plataformas baseadas no ESP8266; esta é a possibilidade de implementação utilizando a IDE do Arduino.

Na imagem a seguir (Figura 1), podemos ver uma breve descrição da composição da placa.

Figura 1 – Placa NodeMCU ESP8266



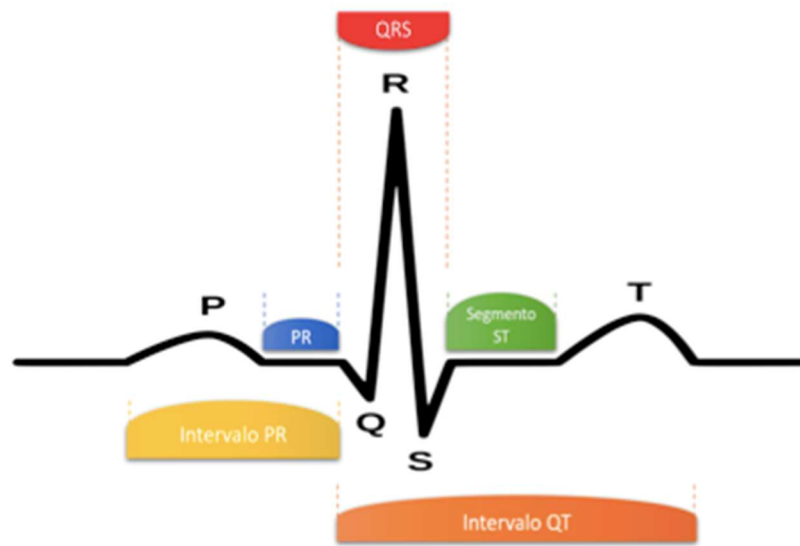
Fonte: Site MasterWalker (2021).

3.3.2 Sensor de frequência cardíaca

Equipamentos de medição digital de batimentos cardíacos por minuto (bpm) são normalmente constituídos por LEDs e fotodetectores. Com eles, é possível detectar o momento da pulsação na circulação sanguínea e calcular a frequência, considerando o intervalo de tempo entre os picos, segmentos e intervalos de ondas e eletrocardiograma (ECG) (CADCURSO, 2019).

A Figura 2 apresenta os intervalos e os segmentos de um batimento cardíaco. Em ECGs com ritmo regular, o intervalo RR ou frequência ventricular (distância entre duas ondas R sucessivas, incluindo uma onda R), pode ser calculado sabendo o valor da frequência cardíaca.

Figura 2 – Onda de ECG e respectivos segmentos e intervalos

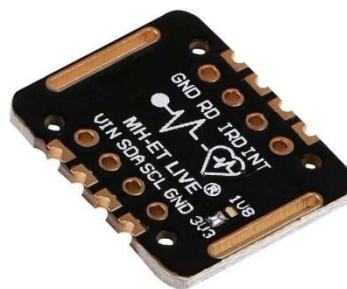


Fonte: Card Curso (2021).

No protótipo proposto, escolheu-se utilizar o sensor modelo MAX30102 (Figura 3), pois ele permite facilmente programar seus registradores, além de ser uma solução bem consolidada no mercado, possuindo também a função de oximetria, onde pode-se também medir indiretamente a quantidade de oxigênio no sangue, considerando a leitura de hemoglobinas por meio de luzes vermelhas e infravermelhas, e dados de saturação. A possibilidade de coletar dados de frequência cardíaca e nível de oxigênio podem ser úteis para monitorar a pressão arterial (SOUZA, 2016).

Para um bom funcionamento o sensor depende de uma alimentação de 1,8V a 3,3V e utiliza o protocolo da comunicação serial I2C.

Figura 3 – Sensor Max30102



Fonte: Maker Portal (2021).

3.3.3 Fonte de Alimentação e Regulador de Tensão

Para a alimentação do dispositivo, definiu-se o uso de uma fonte que atende o pré-requisito de controle de energia e tensão correspondente ao que é necessitado pelo ESP8266 e sensores. Fontes de 3v e 5v atendem o projeto.

Figura 4 – Fonte 5v



Fonte: FilipeFlop (2021).

3.3.4 Case para NodeMCU

Para realizar o armazenamento dos componentes e para a proteção foi necessário realizar a compra de uma *case* para proteção da controladora NodeMCU.

Figura 5 – Case para NodeMCU



Fonte: Lolin (2021).

3.3.5 Servidor Ubidots

Para realizar a troca de informações entre o microcontrolador e um dispositivo remoto de monitoramento, como um smartphone ou computador, foi escolhido um serviço chamado de Ubidots, que em sua versão gratuita atende às especificações de projeto. Seu espaço de trabalho (*Dashboard*), está representado pela Figura 6.

Quando se fala de Internet das Coisas, a simplicidade deve ser garantida para que o acesso a este servidor seja fácil e rápido. No Ubidots, cada cliente tem uma chave de acesso, compartilhando no ambiente todas as variáveis lidas a partir de sensores. A comunicação é feita por meio do protocolo HTTP onde a *string* com as informações é definida e enviada ou requisitada ao servidor, contudo a versão gratuita possui algumas limitações:

- Não se pode personalizar o tipo de dado a ser armazenado na variável (somente numérico);
- As consultas de eventos passados não podem ser efetuadas, pois as conexões com o servidor, no modo gratuito, retornam somente os últimos 50 valores.

Figura 6 – Dashboard Ubidots



Fonte: Ubidots (2021).

4 ANÁLISES E DISCUSSÕES

Este artigo teve por objetivo estudar os princípios básicos que envolvem processos de tecnologias de baixo custo aplicados à saúde associados aos princípios da IoT, dos microcontroladores e sistemas embarcados. Os resultados alcançados consistiram em realizar testes de aplicações tecnológicas de baixo custo voltadas para a saúde implementada pelos conceitos de internet das coisas.

4.1 CUSTOS DO PROJETO

Neste item será analisado o orçamento dos materiais gastos para construção do protótipo, confirmando o objetivo de ser um protótipo de baixo custo. Abaixo podem-se ver os valores gastos com cada peça do protótipo, lembrando que este orçamento foi realizado com um baixo volume de compra por item, o que ocasiona um valor mais alto por unidade.

Quadro 1 – Planilha de Custos

PLANILHA DE CUSTO			
EQUIPAMENTO/ MATERIAIS	QUANT.	CUSTO UNIT. R\$	CUSTO TOTAL
Placa NodeMCU Esp8266	1	25,20	25,20
Sensor Freq. Card. MAX 30102	1	35,00	35,00
Protoboard 830 pontos	1	15,00	15,00
Fonte 5v/1a	1	15,00	15,00
Cabo USB	1	10,00	10,00
Case p NodeMCU	1	22,00	22,00
Led RED	1	0,22	0,22
Jumpers	20	0,35	7,00
Frete Dispositivos	1	15,00	15,00
Custo Total =			144,42

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

Quadro 2 – Orçamento de eletrocardiograma

Modelo de Eletrocardiograma	Descrição do modelo	Valor
	Eletrocardiógrafo – Marca 1	R\$ 2.625,00
	Eletrocardiógrafo -Marca 2 - 12 derivações	R\$3.500,00
	Eletrocardiograma eletrocardiógrafo + software- Marca 3.	R\$4.900,00
	Eletrocardiógrafo portátil ECG 12 pc. Marca 4.	R\$ 5.922,58

Fonte: Elaborado pelo Autor (2021).

4.2 TRABALHOS RELACIONADOS

Kini *et al.* (2015) demonstraram uma rede com sensores sem fio que tem como objetivo monitorar remotamente os sinais vitais do paciente, como batimento cardíaco, temperatura do corpo e saturação de oxigênio no sangue. O sistema é composto por um

conjunto de sensores unidos a um dispositivo *hub*. Os sensores têm a funcionalidade em detectar diferentes parâmetros do corpo humano e transmitir ao *hub*, que é composto pelo microcontrolador e o módulo de transmissão de dados wi-fi.

No trabalho apresentado pelos autores Abdullah, Bakar e Islam (2016) foi desenvolvida uma rede de sensores utilizando modem *Global Sim Module* (GSM) para o monitoramento de pacientes em movimentação. Trata-se de uma plataforma Arduino capta os dados dos sensores de batimento cardíaco e temperatura, enviando-os para um servidor, um software de gerenciamento que envia os dados e sinais de alerta para celulares ou hospitais. No entanto o sistema consome muita energia devido à transação contínua de mensagens de controle GSM.

Holanda Junior *et al.* (2018) projetaram um vestuário tipo colete com sensores embutidos na própria vestimenta que capta os dados dos sensores de batimento cardíaco, temperatura e aceleração. Essas informações são gravadas por um microcomputador Raspberry PI localizado no próprio colete, que armazena as informações no banco de dados, podendo ser acessadas de qualquer lugar, tendo em vista que o próprio já opera como servidor. O intuito é saber se o paciente está se movendo e com batimentos normais, temperatura correta e sem atrapalhar a mobilidade. O projeto é muito complexo, permite interatividade entre paciente e profissional da saúde, porém seu custo é muito elevado em relação às informações obtidas.

Mahanty *et al.* (2016) apresentaram um sistema de sensor de frequência que detecta apenas se há pulso e a frequência de batimentos cardíacos como uma solução simples e de baixo custo, utilizando um sensor de piezoelétrico, que gera sinais elétricos dependendo da pressão mecânica exercida pela pulsação do paciente. Sua forma de transmissão é por Bluetooth, usando o Módulo BT HC-06, que mantém uma comunicação serial direta com o receptor, permitindo que o sistema dos autores seja conectado a qualquer dispositivo que tenha essa tecnologia. O projeto atendeu diretamente ao que foi proposto, enviando as informações corretas e sendo de baixo custo, porém informa apenas se o paciente mantém seus sinais vitais, impossibilitando a captura de outros tipos de informações para seu correto diagnóstico.

Quadro 2 – Comparativo de trabalhos relacionados com este trabalho

Trabalhos	Tecnologia de rede	Controle de consumo de energia	Plataforma Arduino	Acesso remoto aos dados	Baixo Custo
Kini (2015)	<i>Transceivers</i>	Sim	Não	Não	Não
Abdullah, Bakar e Islam (2016)	Redes GSM	Não	Sim	Não	Não
Holanda Junior <i>et al.</i> (2018)	<i>Web Server</i> no próprio dispositivo	Sim	Não	Sim	Não
Mahanty <i>et al.</i> (2016)	<i>Bluetooth</i> - HC	Não	Sim	Sim	Sim
Nduka <i>et al.</i> (2019)	wi-fi- ESP8266	Não	Sim	Não	Não
Este trabalho	wi-fi- ESP8266	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Como se pode analisar no Quadro 3, este trabalho utilizou da tecnologia disponibilizada pela controladora NODEMCU ESP8266, e disponibilizando uma alta performance tendo uma margem de erro baixíssima se comparado a dispositivos que tem o mesmo propósito. Apresentou-se um controle de energia melhorado fazendo o uso de uma fonte de alimentação com controle de tensão, utilizou-se o wi-fi para realizar o envio dos dados em tempo real para a nuvem e estes dados foram disponibilizados para serem analisados. O protótipo atingiu o objetivo de ser funcional e ter um baixo custo.

4.3 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Foram realizados alguns processos para a conclusão do desenvolvimento do protótipo, tais como:

a) Instalação da plataforma IDE do Arduino.

Para fazer a instalação do IDE Arduino, basta entrar no site oficial do Arduino e fazer o download do software disponível para o sistema operacional que está utilizando – Windows, no caso do autor. Após a conclusão do download, o próximo passo é executar o arquivo “Arduino.exe” para carregar o IDE do Arduino, que após o término dessa operação será

criado um atalho do software na área de trabalho do computador. Neste momento o software está pronto para ser programado.

b) Configurado o Arduino IDE para programar a NODEMCU ESP8266.

Para programar o NodeMCU Esp 8266 é necessário em primeiro lugar fazer as configurações básicas na plataforma IDE do Arduino.

O primeiro passo para essa configuração é adicionar o endereço que contém as informações básicas de configuração da placa gerenciadora NodeMcu Esp8266. Para adicionar o endereço na plataforma IDE do Arduino basta acessar o menu, Arquivo > Preferência e ir em URLs Adicionais para Gerenciadores de Placas.

O endereço a ser adicionado corresponde ao URL: http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json.

O segundo passo para configuração consiste em instalar no IDE do Arduino as informações da placa NodeMcu Esp 8266. Esta operação pode ser realizada a partir do menu Ferramentas > Placas > Gerenciador de Placas e na janela aberta digitar ESP 8266; entre os itens apresentados escolher “by ESP8266 Community” e selecionar a versão 2.7.4 – a mais estável no momento.

O terceiro passo consiste em escolher a placa gerenciadora da família Esp8266 que será utilizada no projeto. Para realizar esta ação basta ir ao menu Ferramentas > Placas e logo em seguida selecionar a placa Esp8266 Boards/NodeMcu 1.0 (Esp-12E Module). É importante observar durante essa seleção se no menu Ferramentas > Porta há alguma porta qualquer selecionada. Caso nenhuma porta esteja selecionada significa que a placa gerenciadora não foi configurada, e se isso ocorrer será necessário baixar os *drivers* da placa gerenciadora. Para essa operação, é necessário saber qual o modelo de NodeMcu Esp8266 que está sendo usado no projeto. O drive CP210x é usado para o modelo de placa NodeMCU v2 e ESP32 e o drive CH340G é usado nas placas NodeMCU v3.

c) Construção do protótipo.

Para realizar a construção do protótipo foi necessário projetar e ligar os dispositivos eletrônicos, formando um circuito fechado conforme mostram as Figuras 7 e 8 abaixo:

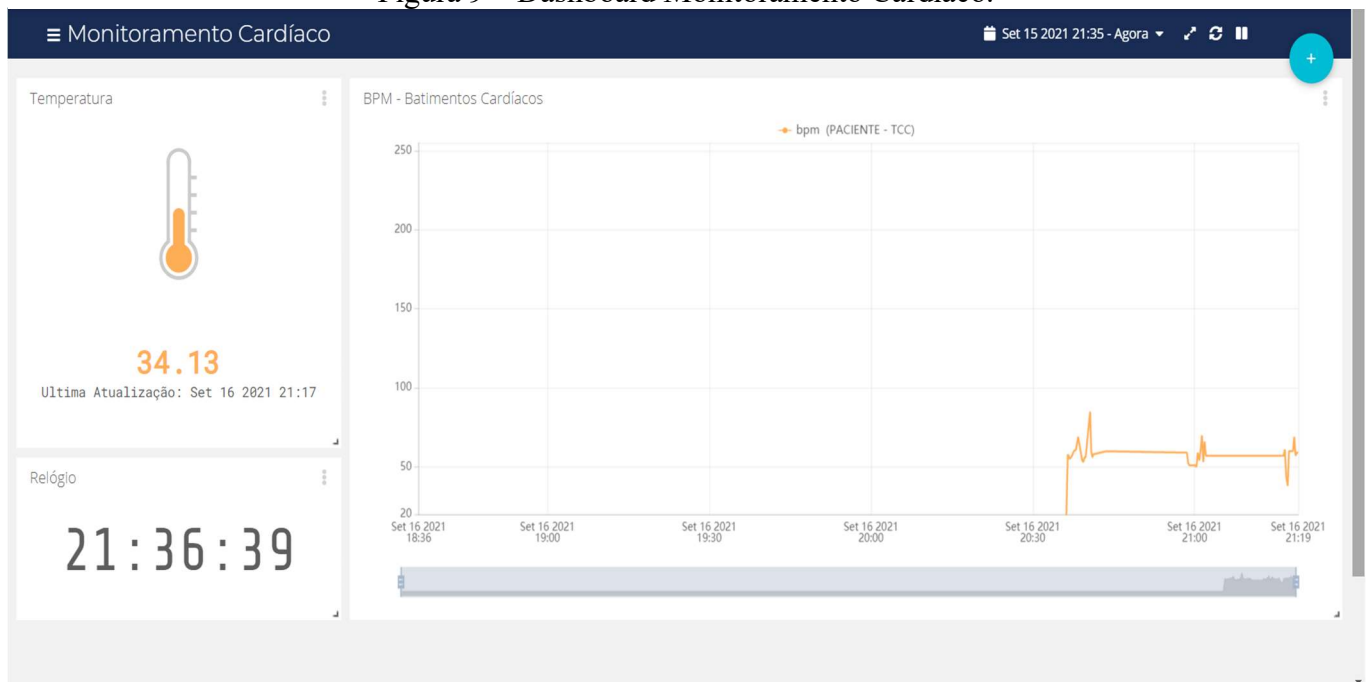
d) Programação utilizada na comunicação entre os dispositivos do projeto.

A programação realizada está em anexo no apêndice B.

e) Conectando o circuito do protótipo ao Ubidots.

Para fazer a comunicação da placa gerenciadora com a plataforma Ubidots, foi necessário realizar a configuração. Após realizar a criação de uma conta estudante com limitação de dois dispositivos, e 20 variáveis foi necessário acessar o menu do perfil, acessar as credenciais da API e copiar o token gerado, para que se possa informar o dispositivo para onde os dados devam ser enviados. Feito isso será possível realizar a criação do Dashboard. Será incluído um gráfico de linhas que irá receber os dados de batimentos cardíacos por minuto, além de ter sido adicionado um indicador de temperatura que exibe a temperatura do usuário em um intervalo de 60s e um relógio que exibe a hora atual, como pode-se ver na Figura 9.

Figura 9 – Dashboard Monitoramento Cardíaco.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

Assim se chega à conclusão do protótipo, que se mostrou efetivo e validado nos testes os quais sofreu. Como citado por Almeida (2016), os sistemas embarcados são pequenos dispositivos de computação que são projetados e programados para controlar pequenas tarefas. Este protótipo cumpre com o objetivo de ser um sistema embarcado pois seu tamanho e robustez atingem os objetivos para se considerar um sistema embarcado.

A Internet das Coisas (IOT), como a Forbes menciona em 2018, se resume ao mundo dos objetos conectados. Este protótipo se baseia na conexão de sensor de coleta de dados, no caso pulsação de batimentos cardíacos e temperatura, com o dispositivo NodeMCU, que realiza o envio dos dados para a plataforma web Ubidots.

Com os dados armazenados em nuvem, para Mesko (2020), os especialistas da área médica podem acompanhar remotamente as medições, verificar alterações que surgem nos pacientes por problemas de saúde, melhorando seus diagnósticos em longo prazo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muito se fala das aplicações da IoT empregadas na medicina, que apesar de ainda estar em evolução já é uma realidade nos hospitais. Este conceito se baseia na conexão de dispositivos e equipamentos com a internet, que no caso dos hospitais, servem para captar e armazenar dados dos pacientes, permitir o rastreamento das informações e ainda ter as atividades e condições de saúde dos pacientes monitoradas. No desenvolvimento do protótipo foi utilizado, com relação aos conceitos da IoT, o Ubidots, aplicativo que controla remotamente um hardware programável IDE do Arduino para programar a placa NodeMCU ESP8266.

Por fim, o protótipo desenvolvido funcionou de maneira eficiente, conseguindo captar sinais e frequências do corpo humano, provando que pequenos dispositivos eletrônicos podem ser programados para realizar tarefas ligadas à prevenção e manutenção da saúde dos seres vivos. Assim conclui-se que mesmo jogando 100% do valor que foi gasto no protótipo para seu aperfeiçoamento, o valor final não se aproxima com os eletrocardiogramas mais baratos disponíveis no mercado, comprovando assim que é possível fazer o uso das tecnologias de baixo custo na área da saúde.

Para futuras pesquisas há alguns pontos para se analisar, como a melhoria dos sensores, pois com o passar dos anos deverá ser maior a otimização no consumo de energia e os novos dispositivos apresentarão melhores resultados, com custos menores que os atuais.

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, K.; BAKAR, N. H. B. A.; ISLAM, M. R. "Wireless smart health monitoring system via mobile phone," 2016 International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE), Kuala Lumpur, 2016, pp. 213-218. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/ICCCE.2016.55>>. Acessado em: 07 jun. 2021

AMPLIMED. **Quais são os avanços tecnológicos da medicina para 2021**, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://amplimed.com.br/avancos-tecnologicos-da-medicina-para-2021?utm_source=avancos-tecnologicos-da-medicina-para-2021&utm_medium=organic&utm_campaign=avancos-tecnologicos-da-medicina-para-2021>. Acessado: 14 ago. 2021.

ALMEIDA, M. A.; MORAES, C. H. V.; SERAPHIM, T. F. P. **Programação de sistemas embarcados**. São Paulo: Elsevier, 2016.

ALMEIDA, Mariana. **Tecnologia na saúde**: a importância da tecnologia no diagnóstico. Optivision, Belo Horizonte, 26 de setembro, 2018. Disponível em: <<https://optivisionbrasil.com.br/blog/tecnologia-na-saude-a-importancia-da-tecnologia-no-diagnostico/>>. Acessado em: 11 abr. 2021.

ALZHRANI, S. M. Sensing for the internet of things and its applications. 5th International Conference on Future Internet of Things and Cloud Workshops, 2017. Disponível em: <<https://stem.ubidots.com/app/devices/6093362b73efc379c50aac0a>>. Acessado em: 05 jun. 2021.

ANTONIO, Henrique de Freitas. Educação física na mente, Disponível em: <<http://educacaofisicanamente.blogspot.com.br/2012/04/frequencia-cardiaca.html>>. Acessado em: 15 mai. 2021.

ARTHY, S.T.; KOLANGIAMMAL, S. Signal monitoring in a telemedicine system for emergency medical services. **USA, Smart Innovation Systems and Technologies**, v.77, p. 343-351, 2018. Disponível em:<https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-5544-7_33>. Acessado em: 6 jun. 2021.

CAVALCANTE, Luciana. Monitoramento dos Sinais Vitais. 2 de Junho. 2020. Conexa. Disponível em: <<https://conexasaude.com.br/covid-19-importancia-do-monitoramento-dos-sinais-vitais/>>. Acessado em: 15 ago. 2021.

CARDCURSO. Ondas e intervalos. 15 mar. 2019. **Cardcurso**. Disponível em: <<https://cardcurso.com.br/nocoes-basicas/ondas-e-intervalos/>>. Acessado em: 31 mai. 2021.

CLOUD, Google. Monitoramento remoto e alertas para Internet das Coisas. 24 mai. 2021.

COLA, G.; VECCHIO, A. Wearable systems for e-health and wellbeing. **Personal and Ubiquitous Computing, Personal and Ubiquitous Computing**, v. 22, n.2, p. 1, Abril 2017. ISSN 161774909. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00779-017-1041-1>>.

FARIAS, Quitéria Larissa Teodoro; et al. Implicações das tecnologias de informação e comunicação no processo de educação permanente em saúde. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde**, v. 11, n. 4, p. 1-11, 2017. Disponível em: <<https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/24033/2/13.pdf>>. Acessado em: 22 set. 2020.

FLEURY, Tereza Leme; WERLANG, Sérgio R. C. **Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens**. FGV: Anuário de Pesquisa 2016-2017. 2017.

FORTUNA, Fernanda, Saúde business: monitoramento remoto transformará o setor de saúde. 20 mar. 2018. **Saúde Business, Santana**. Disponível em: <<https://www.saudebusiness.com/ti-e-inovao/monitoramento-remoto-transformar-o-setor-de-sade>>. Acessado em: 21 abr. 2021.

GARCIA, Fernando. Introdução aos sistemas embarcados e microcontroladores. 19 set. 2019. **Embarcados, Campinas**. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/sistemas-embarcados-e-microcontroladores/>>. Acessado em: 11 abr. 2021.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOOGLE CLOUD. Disponível em: <<https://cloud.google.com/architecture/remote-monitoring-and-alerting-for-iot?hl=pt-br>>. Acessado em: 22 maio 2021.

GV PESQUISA. **Anuário de Pesquisa 2016-2017**. São Paulo, n. 5, p. 10-15, 2017.

HARTING, M.T.; WHEELER, A.; PONSKY, T.; NWOMEH, B.; SNYDER, C.L.; BRUNS, N.E.; LESHER, A.; PANDYA, S.; DICKIE, B.; SHAH, S.R.; Telemedicine in pediatric surgery. **Journal of Pediatric Surgery**, v. 54, p. 587-594, marc. 2019.

HOLANDA JUNIOR, E.; DA CRUZ, L. F.; DA SILVA, V. J.; RAIMUNDO, M. R. D. S. T.; BARRETO; LUCENA, V. F. "I-Jack: Wearable system for collection and evaluation physiological data," 2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), Las Vegas, NV, 2018, pp. 1-4. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/ICCE.2018.8326191>>. Acessado em: 07 jun. 2021

KHANDPUR, R. S. **Telemedicine – technology and applications** (mHealth, TeleHealth and eHealth), Delhi, PHI Learning Private Limited, 2017. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=PPXgDgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>>. Acessado em: 07 jun. 2021.

KINI, V.; Patil, C.; BAHADKAR, S.; PANANDIKAR, S.; SREEDHARAN, A.; KSHIRSAGAR, A. Low power wireless health monitoring system. Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), 2015 International Conference on. **IEEE**, p. 980-986. Doi: 10.1109/ICACCI.2015.7275738.

LAUDON, Jane P.; Laudon, Kenneth C. **Sistemas de informações gerenciais**. 11ª. Ed. São Paulo- SP: Pearson Education do Brasil Ltda., 2018. 506 p. ISBN 978-85-4301-507-1

LIMA, Ana. Qual a frequência cardíaca normal, alta ou baixa. 10 jan. 2021. **Tua Saúde, Pernambuco**. Disponível em: <<https://www.tuasaude.com/frequencia-cardiaca/>>. Acessado em: 10 mai. 2021.

LOBO, Luiz. **Inteligência artificial e medicina**. Rev. Bras. Educ. Med, v. 41, n. 2, abr./jun. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1981-52712015v41n2esp>>. Acessado: 07 jul. 2021.

MACHADO, Valter. **Quais são os avanços tecnológicos da medicina para 2021**, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://amplimed.com.br/avancos-tecnologicos-da-medicina-para-2021?utm_source=avancos-tecnologicos-da-medicina-para-2021&utm_medium=organic&utm_campaign=avancos-tecnologicos-da-medicina-para-2021>. Acessado: 14 ago. 2021.

LOPES, Juliana Evangelista; HEIMANN, Candice. Uso das tecnologias da informação e comunicação nas ações médicas à distância: um caminho promissor a ser investido na saúde pública. **Journal of Health Informatics**, v. 8, n. 1, p. 26-30, 2016. Disponível em: <<http://www.jhi-sbis.saude.ws/ojs-jhi/index.php/jhi-sbis/article/view/364>>. Acessado em: 13 mai. 2021.

MAHANTY, B.; MONDAL, S.; SAHU, U.; PATRA, S.; MANDAL, D. "Human health monitoring system based on piezoelectric smart sensor," 2016 International Conference on Computer, Electrical & Communication Engineering (ICCECE), Kolkata, 2016, pp. 1-4. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/ICCECE.2016.8009535>>. Acessado em: 07 jun. 2021.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: foco na decisão**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

MASSOLA, S. C.; PINTO, G. S. O uso da internet das coisas (IOT) a favor da saúde. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 124-137, 2018. DOI: 10.31510/inf.v15i2.515. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/515>>. Acessado em: 23 mai. 2021.

MEDICINASA. **Saúde Digital: Telemedicina salvou mais de 75 mil vidas entre 2020 e 2021**. São Paulo, 2021. Disponível em: <<https://medicinasa.com.br/telemedicina-2021/>>. Acessado em: 19 ago. 2021.

MESKO, Bertalan. The top medical specialties with the biggest potential in the future. **The Medical Futurist**. Budapest, 24 de março de 2020. Disponível em: <https://medicalfuturist.com/medical-specialties-with-the-biggest-potential-in-the-future/#> Acessado em: 14 mai. 2021.

METCALF, D.; et al. Wearables and the internet of things for health: wearable, interconnected devices promise more efficient and comprehensive health care. **IEEE Pulse**, v. 7, n. 5, 2017. ISSN 21542287.

MORGAN, Blake. 10 examples of customer experience innovation in healthcare. 21 ago. 2018. Forbes. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/rogerdooley/2021/05/25/neuro-marketing-for-the-masses/?sh=22de8cd45aa6>>. Acessado em: 23 maio 2021

MORSCH, José Aldair. 9 novas tecnologias na área da saúde e suas implicações. 15 mar. 2019. **MORSCH, Erechim**. Disponível em: <<https://telemedicinamorsch.com.br/blog/inovacao-na-area-da-saude>>. Acessado em: 20 maio 2021.

NDUKA, A.; SAMUAL, J.; ELANGO, S.; DIVAKARAN, S.; UMAR, U.; SENTHILPRABHA, R. "Internet of things based remote health monitoring system using arduino," 2019 Third International conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC), Palladam, Índia, 2019, pp. 572-576. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/ISM47947.2019.9032438>>. Acessado em: 07 jun. 2021.

NEXXTO. Monitoramento remoto de pacientes: melhoria no gerenciamento de cuidados. 16 fev. 2021. **Nexxto**. Disponível em: <<https://nexxto.com/monitoramento-remoto-de-pacientes-melhoria-no-gerenciamento-de-cuidados/>>. Acessado em: 20 maio 2021.

OLIVEIRA, Greici. NodeMCU – Uma plataforma com características singulares para o seu projeto IoT, MASTERWALKER, São Paulo, 10 de agosto de 2016. Disponível em: <<https://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/nodemcu/nodemcu-uma-plataforma-com-caracteristicas-singulares-para-o-seu-projeto-iot>>. Acessado em: 31 maio 2021.

PÁDUA, E. M. M. **Metodologia da pesquisa**: abordagem teórico-prática. 13. ed. Campinas: Papirus, 2007.

PAIM, E. P.; et al. Explorando o paradigma Publish/Subscribe e a elasticidade em níveis aplicados ao procedimento de Telemedicina. 2018.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Rio Grande do Sul: Feevale, 2013.

RENATO, A.; et al. **Monitoramento de sinais vitais**. v. 2, n. 1, p. 1-32, 2013.

REZENDE, S. O.; Pugliesi, J. B.; Varejão, F. M. (2018). Sistemas Baseados em Conhecimento. 1 ed. Barueri: Manole Ltda.

RIBEIRO, Frayda. O que é telemedicina e como funciona? 22 mar. 2021. **Portal Telemedicina**. Disponível em: <<https://portaltelemedicina.com.br/blog/telemedicina-o-que-e-e-como-funciona>>. Acessado em: 12 abr. 2021.

SAGNER, M.; et al. Lifestyle medicine potential for reversing a world of chronic disease epidemics: from cell to community. **Int. J. Clin. Pract., Wiley**, v. 68, n. 11, p. 1289-1292, 2014. ISSN 1368-5031.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE HIPERTENSÃO. Sobre a hipertensão. 2018. **SBH**. Disponível em: <<http://www.sbh.org.br/arquivos/hipertensao>>. Acessado em: 14 mai. 2021. SOUZA, Clêdisson. **Oxímetro de pulso de dedo portátil**: importante aliado na prática de esportes. Disponível em: <<https://www.cpaps.com.br/blog/oximetro-de-pulso-de-dedo/>>. Acessado em: 30 maio 2021.

SPIRANDELLI, L. P., Santos, G. H., Rodrigues, L., & Bandos, M. F. C. (2019). Sistemas especialistas: um estudo de caso com o expert sinta. Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e de Gestão Tecnológica, 1(1), 1-16.

TAHAN, V.; et al. Show me echo – hepatitis C: A telemedicine mentoring program for patients with hepatitis C in underserved and rural areas in Missouri as a model in developing

countries. **Turkish Journal of Gastroenterology**, v. 26, p. 447-449, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Veyssel_Tahan/publication/283307271/Show_Me_Echo-Hepatitis_C_A_telemedicine_mentoring_program_for_patients_with_hepatitis_C_in_underserved_and_rural_areas_in_Missouri_as_a_model_in_developing_countries/links/566f801808ae4d9a425727b0/Show-Me-Echo-Hepatitis-C-A-telemedicine-mentoring-program-for-patients-with-hepatitis-C-in-underserved-and-rural-areas-in-Missouri-as-a-model-in-developing-countries.pdf>. Acessado em: 08 jun. 2021.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia de pesquisa-ação**. 14. ed. São Paulo: Cortez, 2018.

UDDIN, A. A.; et al. Development of a wearables cardiac monitoring system for behavioral neurocardiac training: a usability study. **JMIR mHealth and uHealth**, v. 4, n. 2, p. e45, 2016. ISSN 2291-5222. Disponível em: <<http://mhealth.jmir.org/2002/2/e45/>>. Acessado em: 15 maio 2021.

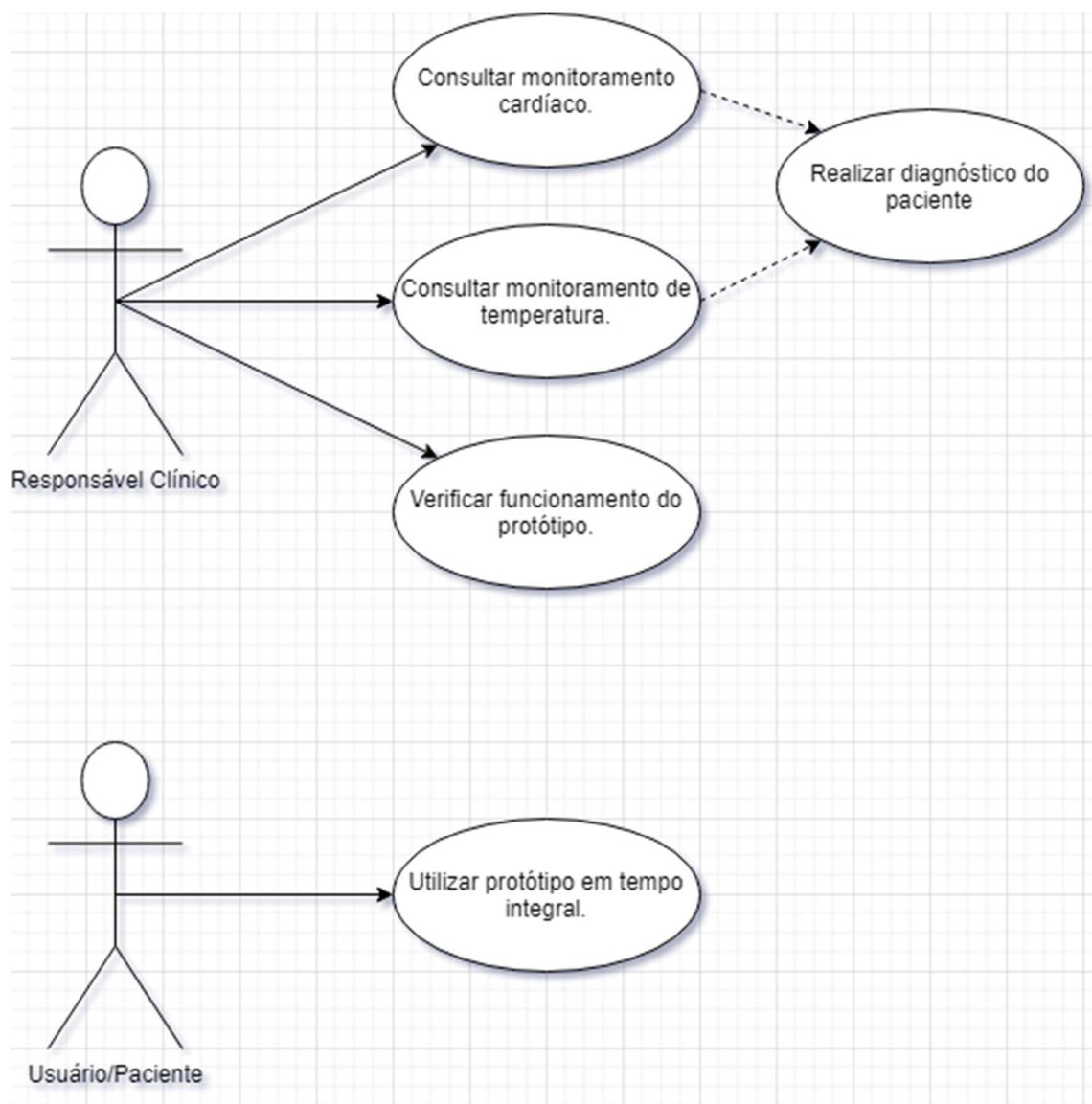
UDESC. **Processo de enfermagem como ferramenta de cuidado**. Chapecó, 2017. Disponível em: <https://www.udesc.br/arquivos/ceo/id_cpmenu/1752/anais_2_CONSAI_1MICEN_F_1_5293511791346_1752.pdf>. Acessado em: 22 maio 2021.

Weiss, S. M. & Kukikowski, C, A (2017). Guia prático para projetar sistemas especialistas. Rio de Janeiro, Brasil, LTC – Livros Técnicos e Científicos S.A.

APÊNDICE A

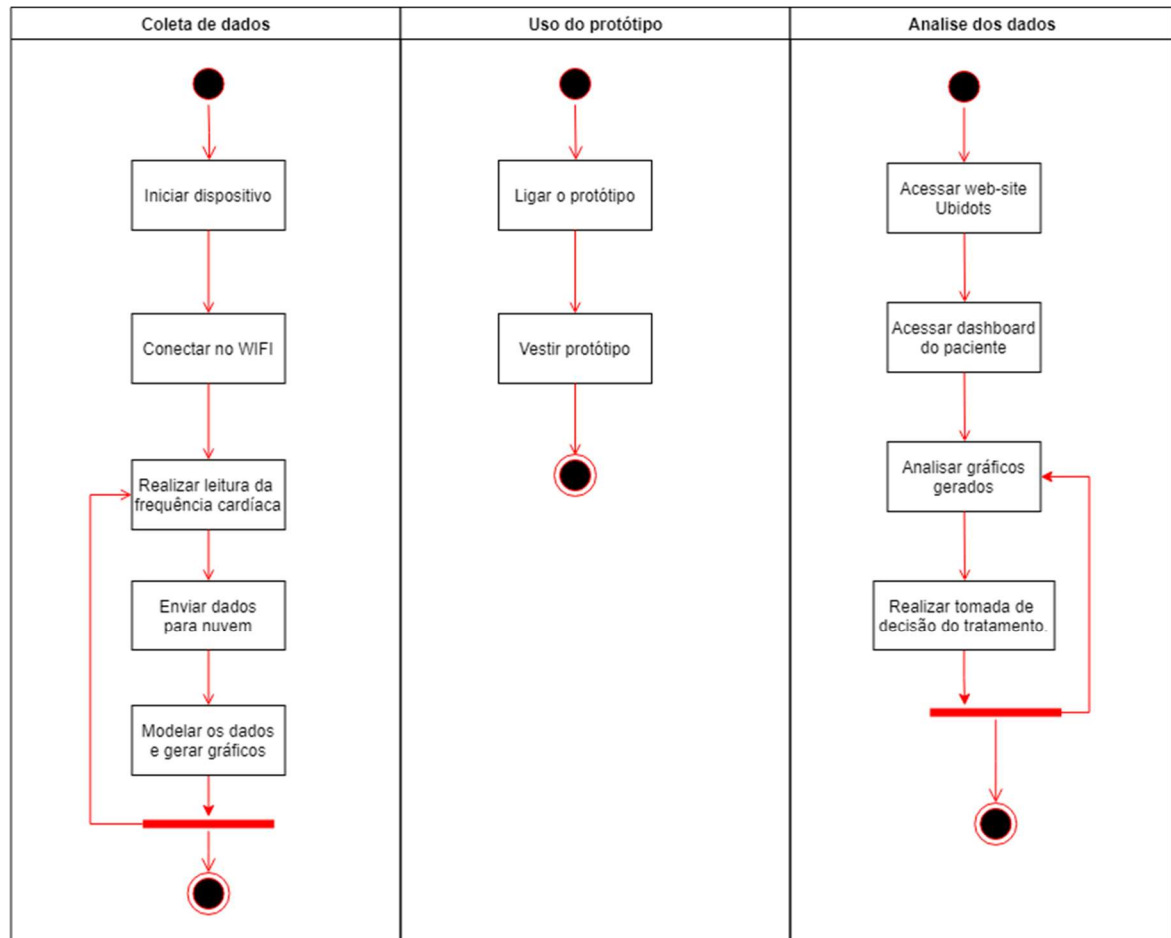
Diagramas elaborados para o sistema serão apresentados a seguir:

Diagramas de casos de uso



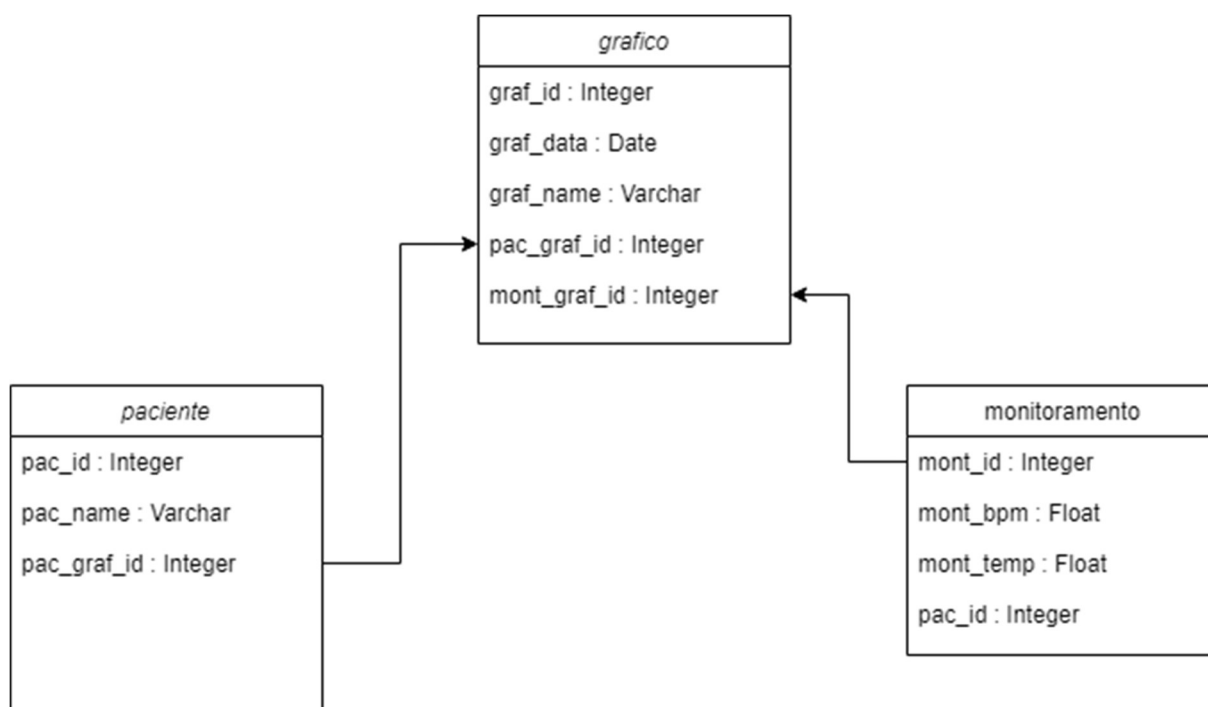
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Diagramas de Atividades



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Diagrama de classes



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

APÊNDICE B

Programação realizada entre os dispositivos do projeto

```
#include "Ubidots.h"
#include <Wire.h>
#include "MAX30105.h"
#include "heartRate.h"

const char* UBIDOTS_TOKEN = "BBFF-FdmSgGJau@Viy2Qdg7Z5bpZBMBph4x";
const char* WIFI_SSID = "Dipelnet_Matheus 2.4G";
const char* WIFI_PASS = "01020304m";

Ubidots ubidots(UBIDOTS_TOKEN, UBI_HTTP);
MAX30105 particleSensor;

const byte RATE_SIZE = 4;
byte rates[RATE_SIZE];
byte rateSpot = 0;
long lastBeat = 0;

float beatsPerMinute;
int beatAvg;
int cont;
int contTEMP;
float bpm;

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  pinMode(D7, OUTPUT);
  ubidots.wifiConnect(WIFI_SSID, WIFI_PASS);
  if (!ubidots.wifiConnected()){
    digitalWrite(D7, HIGH);
  }else {
    digitalWrite(D7, LOW);
  }
  Serial.println("Initializing...");

  if (!particleSensor.begin(Wire, I2C_SPEED_FAST))
  {
    Serial.println("MAX30105 was not found. Please check wiring/power.
");
    while (1);
  }
  Serial.println("Place your index finger on the sensor with steady
pressure.");

  particleSensor.setup();
  particleSensor.setPulseAmplitudeRed(0x0A);
  particleSensor.setPulseAmplitudeGreen(0);
}

void loop()
{
  long irValue = particleSensor.getIR();

  if (checkForBeat(irValue) == true)
  {
    //We sensed a beat!
    long delta = millis() - lastBeat;
    lastBeat = millis();

    beatsPerMinute = 60 / (delta / 1000.0);

    if (beatsPerMinute < 255 && beatsPerMinute > 20)
    {
      rates[rateSpot++] = (byte)beatsPerMinute;
      rateSpot %= RATE_SIZE;

      beatAvg = 0;
      for (byte x = 0 ; x < RATE_SIZE ; x++)
        beatAvg += rates[x];
      beatAvg /= RATE_SIZE;
    }

    Serial.print("IR=");
    Serial.print(irValue);
    Serial.print(", BPM=");
    Serial.print(beatsPerMinute);
    Serial.print(", Avg BPM=");
    Serial.print(beatAvg);

    if (irValue < 50000){
      Serial.print(" No finger?");
      Serial.print(cont);
    }else {
      cont = cont + 1;
      contTEMP = contTEMP + 1;
    }

    if (cont > 600){
      bpm = beatAvg;
      ubidots.add("BPM", bpm);
      bool bufferSent = false;
      bufferSent = ubidots.send();
      cont = 0;

      if ((contTEMP >= 6000) && (cont != 600)){
        float temperature = particleSensor.readTemperature();
        ubidots.add("Temp", temperature);
        bool bufferSent = false;
        bufferSent = ubidots.send();
        contTEMP = 0;
      }
      Serial.println();
    }
  }
}
```

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).