

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.



Desenvolvimento de um Projeto de Baixo Custo para um Analisador de Esfigmomanômetro com IOT

Development of a Low-Cost Design for a Sphygmomanometer Analyzer with IOT

Recebido: 13/12/2022 – Aprovado: 29/09/2023 – Publicado: 01/10/2023

Processo de Avaliação: Double Blind Review

Ana Carolina Rodrigues Silva

ana.silva1986@fatec.sp.gov.br

FATEC- Osasco

<https://orcid.org/0000-0003-3702-0972>

Gabriel Rizzo Campos

gabriel.campos27@fatec.sp.gov.br

FATEC- Osasco

<https://orcid.org/0000-0002-3062-3431>

Maria Eduarda Barbosa de Figueiredo

maria.figueiredo2@fatec.sp.gov.br

FATEC- Osasco

<https://orcid.org/0000-0002-9284-6104>

Jeferson Cerqueira Dias

jeferson.dias3@fatec.sp.gov.br

FATEC- Osasco

<https://orcid.org/0000-0002-2999-1341>

Marcos Henrique Silva Mesquita

marcoshsmesquita@gmail.com

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA

FATEC- Osasco

<https://orcid.org/0000-0003-2784-0889>

RESUMO

Um dos maiores agravantes de doenças cardiovasculares é o aumento da pressão sanguínea, denominado hipertensão arterial sistêmica (HAS) e aferida por esfigmomanômetros. Esses equipamentos necessitam de constante calibração, realizada com analisadores. Observa-se que há problemas envolvendo sua usabilidade, conectividade e falta de documentos explicativos. A proposta deste trabalho é desenvolver o projeto e protótipo de um analisador de esfigmomanômetro de baixo custo, simplificado, preciso e com a implementação da Internet das Coisas (IoT). Como resultado, atingiu-se o funcionamento da simulação do analisador no software Proteus, desenho do protótipo no AutoCAD e a representação da coleta de dados no Google Sheets, onde foi verificado a não conformidade dos valores de 120 e 180 mmHg. Foi possível concluir que o projeto e protótipo apresentaram as características iniciais propostas, sendo necessários futuros ajustes e ainda, o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos cálculos, bem como, um protótipo com as características comerciais.

Palavras-chaves: pressão sanguínea, esfigmomanômetro, calibração, internet das coisas

ABSTRACT

One of the major aggravating factors of cardiovascular diseases is the increase in blood pressure, called systemic arterial hypertension (SAH) and measured by sphygmomanometers. This equipment needs constant calibration, performed with analyzers. It is observed that there are problems involving its usability, connectivity, and lack of explanatory documents. The proposal of this work is to develop the project and prototype of a low-cost, simplified, accurate sphygmomanometer analyzer with the implementation of the Internet of Things (IoT). As a result, it was achieved the operation of the analyzer simulation in the Proteus software, design of the prototype in AutoCAD and the representation of the data collection in Google Sheets, where it was verified the non-compliance of the values of 120 and 180 mmHg. It was possible to conclude that the project and prototype presented the initial proposed characteristics, being necessary future adjustments and also the development and improvement of the calculations, as well as a prototype with commercial characteristics.

Keywords: *blood pressure, sphygmomanometer, calibration, internet of things*

1. INTRODUÇÃO

A pressão sanguínea é um fator crucial para a saúde de cada indivíduo. A Organização Mundial da Saúde (OMS), relata que 55,3% dos óbitos por patologia do sistema respiratório são causados por evolução da hipertensão arterial (World Health Organization, 2013 *apud* Sauer Júnior e Rabelo, 2020). A hipertensão arterial sistêmica (HAS) é considerada um problema de saúde pública mundial e, sem tratamento, pode provocar graves condições patológicas, que necessitarão de acompanhamento contínuo por toda a vida. Tal doença caracteriza-se pela elevação da pressão sanguínea e é considerada uma das maiores potencializadoras de doenças cardiovasculares (Monteiro et al., 2020).

Estima-se que no Brasil, a HAS atinja aproximadamente 30% da população total (Monteiro et al., 2020). Além disso, afeta 60% da população idosa e é responsável, tanto diretamente quanto indiretamente, pela morte do paciente (Queiroz et al., 2020). Nota-se, assim, a importância da medição arterial e do controle da pressão, bem como a preocupação fundamental com a calibração e validação de dispositivos que realizam esta aferição, tendo em vista que um resultado errôneo pode acarretar uma falsa análise diagnóstica, tal como acidente cerebrovascular, insuficiência cardíaca, insuficiência renal e aterosclerose prematura; podendo ser seguida pelo uso desnecessário de medicamentos (Mesquita, 2017).

Na prática clínica, a Pressão Arterial (PA) refere-se a força aplicada pelo sangue contra as paredes vasculares, e deve ser aferida por profissionais de saúde treinados, qualquer que seja a especialidade (Barroso et al., 2021). Esta variável deve ser mantida em uma determinada faixa de variação, que permita a adequada perfusão dos órgãos e tecidos (Dantas e Roncalli, 2019). A PA, em um adulto jovem saudável, é de 120mmHg para a pressão sistólica e 80mmHg na pressão diastólica, considerando-se elevada quando o valor da pressão arterial sistólica (PAS) for maior ou igual a 140mmHg e/ou o valor da pressão arterial diastólica (PAD) for maior ou igual a 90mmHg (Barroso et al., 2021). Para a aferição da pressão arterial, os esfigmomanômetros são dispositivos amplamente utilizados na atenção primária e na atenção à saúde (Mesquita, 2017).

Ao avaliar os atuais dispositivos para medição de pressão no mercado, é possível observar problemas envolvendo sua usabilidade, conectividade e a falta de documentos suficientes, que cooperem com os profissionais de saúde (Martins et al., 2017; Massola e Pinto, 2018; Sauer Júnior e Rabelo, 2020). As características de usabilidade em dispositivos medidores de pressão são essenciais para o correto diagnóstico de complicações cardíacas, e problemas relacionados a usabilidade estão diretamente interligados com o treinamento dos

profissionais de saúde sobre tais equipamentos, ou seja, o nível de conhecimento sobre o dispositivo utilizado, além da sua facilidade de uso (Martins et al., 2017; Sauer Júnior e Rabelo, 2020).

Outra problemática envolvida nos aparelhos de medição de pressão refere-se a escassez de documentações que ajudem o usuário a resolver possíveis erros que ocorram e que poderiam ser resolvidos de maneira rápida, sem prejuízo no atendimento ao paciente (Martins et al., 2017). Além disso, verifica-se que muitos dos dispositivos utilizados na área da saúde ainda não possuem um sistema de comunicação que os conecte com demais equipamentos, como a utilização da Internet das Coisas (IoT) (Massola e Pinto, 2018).

Para minimizar tais problemas, a disponibilização facilitada de documentos e manuais de utilização, além do desenvolvimento de um dispositivo acessível, que esteja conectado com demais equipamentos, aparecem como possíveis soluções (Martins et al., 2017; Massola e Pinto, 2018). Logo, tais ações seriam responsáveis pelo aumento da confiabilidade dos usuários sobre os dispositivos em questão, assim como uma forma de deixar as informações que foram coletadas, transmitidas e armazenadas disponíveis para acesso em qualquer lugar, por qualquer pessoa autorizada (Martins et al., 2017; Marques e Pitarma, 2019).

O seguinte trabalho tem como objetivo desenvolver o projeto e protótipo de um analisador de esfigmomanômetro de baixo custo, simplificado, preciso e com a possibilidade de implementação de tecnologias da Internet das Coisas (IoT). Este equipamento será digital, construído com componentes e materiais de custo inferior aos presentes em dispositivos já disponíveis no mercado. Além disso, seu uso deve mostrar-se de maneira básica para os operadores, seu sistema embarcado deve permitir medição de valores precisos e, possuir uma estrutura para comunicação em nuvem e a coleta de dados permite a construção de gráfico estatístico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Pressão sanguínea

A pressão sanguínea, também chamada de pressão arterial (PA), refere-se à pressão exercida pelo sangue contra as paredes das artérias e é determinada por diversos parâmetros do sistema cardiovascular (Barroso et al., 2021). Esse, é composto pelo coração, vasos sanguíneos e sangue, tendo como principais funções manter e fornecer o fluxo sanguíneo, levar nutrientes aos tecidos do corpo e remover as toxinas resultantes do metabolismo celular (Santana et al.,

2019). O desequilíbrio da PA tem como uma de suas consequências a Hipertensão Arterial (HA), considerada um problema de saúde pública, de prevalência nacional e causas multifatoriais (Miranda; Mendes e Silva, 2016).

A Hipertensão Arterial (HA) é classificada pelo código internacional de doenças (CID) com o código I-10, uma doença crônica não transmissível (DCNT) na qual os níveis pressóricos permanecem constantemente elevados, sendo um fator de risco para doenças cardiovasculares, cerebrovasculares e para insuficiência renal crônica (Barroso et al., 2021). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (2019), 1,13 bilhões de pessoas foram diagnosticadas com HA (Durães, 2021).

As Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial (2020) estabelecem a HA como uma condição clínica multifatorial, caracterizada por uma notável elevação dos níveis pressóricos (≥ 140 e/ou 90 mmHg) e frequentemente associa-se a distúrbios metabólicos, alterações funcionais e/ou estruturais de órgãos-alvo, sendo agravada pela presença de outros fatores de risco (Monteiro et al., 2020). Caso não haja o controle, pode causar danos no organismo, sequelas irreversíveis ou morte, como pode ser notado em 2019, quando estimou-se que cerca de 23 milhões de pessoas morreram de doenças que afetam o sistema circulatório (Queiroz et al., 2020).

2.2. Esfigmomanômetro

Os dispositivos com a função de aferir a pressão arterial dos seres humanos são chamados de esfigmomanômetros e possuem capacidade de medição de pressão que varia de 0 a 300mmHg. Esses instrumentos, importantes para diagnósticos na saúde humana, estão sob normalizações estabelecidas pela Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML) e no Brasil, têm seus requisitos metrológicos regulamentados pelo Instituto de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO) (Rodrigues Filho; Farias e dos Anjos, 2019). Para que transmitam diagnósticos precisos, os esfigmomanômetros precisam, assim, atingir uma condição fundamental de calibração, que colabore efetivamente com o combate à HA (Sauer Júnior e Rabelo, 2020).

2.3. Calibração

O momento de início do uso de esfigmomanômetros eletrônicos e aneroides nos Estados Unidos e no continente europeu foi controverso, destacando os problemas para calibrar os tipos eletrônicos. Nesse período, os analisadores eram considerados de utilidade limitada e confusos

quanto a sua função (Jikek, 2003). No Brasil, dispositivos de medição de PA devem seguir exigências do INMETRO, sendo eles calibrados por meio de manômetros padrões, de rastreabilidade metrológica garantida a partir de calibrações de laboratórios acreditados, com uma incerteza de até 0,8 mmHg, que garantam que novos aparelhos não devem atinjam um erro acima de +/- 3mmHg (Rodrigues Filho; Farias e dos Anjos, 2019).

A identificação dos erros sistêmicos nos aparelhos de pressão arterial é complexa e a maneira mais indicada para evitar erros sistemáticos trata-se do uso de esfigmomanômetros calibrados (Sauer Júnior e Rabelo, 2020; Maia et al., 2017). No entanto, apesar de essenciais para garantir a eficiência da mensuração da pressão arterial e evitar decisões clínicas incorretas baseadas em equipamentos descalibrados, os dispositivos para análise de esfigmomanômetros são poucos acessíveis, principalmente em decorrência de seu elevado custo (Rodrigues Filho; Farias e dos Anjos, 2019).

2.4. Internet das Coisas (IoT)

O aumento da conectividade entre os indivíduos através da internet, tem se mostrado como uma revolução no cotidiano das pessoas, sendo que de acordo com o IBGE (2017), hoje existem cerca de 1,26 telefones celulares para cada habitante e esse acontecimento trouxe consigo importantes inovações, possibilidades e desafios (Lemos e Marques, 2018). A Internet das Coisas (IoT) aparece, portanto, como uma forma de conectar diversos dispositivos ao mesmo tempo e em qualquer lugar (Oliveira et al., 2019).

2.4.1. Riscos

Ao atribuir dispositivos que possuem capacidades restritas para tarefas de sensoriamento e comunicação em rede, como câmeras e sensores de movimento, o IoT pode gerar diversos riscos a privacidade dos usuários, visto que uma enorme quantidade de dados gerados é coletada a cada interação entre o usuário e estes dispositivos, sem seguir um padrão ou metodologia (Oliveira et al., 2019).

Os desafios gerados por essa tecnologia envolvem questões de segurança, como o vazamento de informações e disponibilidade dos dispositivos, além da padronização de protocolos de comunicação (Ala Al-Fuqaha et al., 2015). Devem ser enfrentados, portanto, problemas de disponibilidade, confiabilidade, mobilidade, desempenho, escalabilidade, interoperabilidade, segurança e gerenciamento (Agostinelli, 2018).

2.4.2. Segurança da Informação

Nos últimos anos, novas leis surgiram para promover a proteção dos usuários, quanto à sua privacidade. O conceito de Segurança da Informação (SI) está ligado a esse objetivo, sendo definido pelos aspectos de Confidencialidade, Integridade e Disponibilidade. Assim, o conjunto de normas da família ISO 27000 traz diversos conceitos relacionados a maior segurança das informações, através de um Sistema de Segurança da Informação (SGSI) (Harris, 2010 *apud* Oliveira et al., 2019).

A Lei Geral de Proteção de Dados, tem por objetivo trazer normas sobre uso, acesso e tratamento das informações, assim como da divulgação de incidentes, procurando o equilíbrio entre o tratamento dos dados dos usuários e seus direitos de privacidade, a fim de não inviabilizar o uso destes dispositivos (Agostinelli, 2018). Além disso, busca fortalecer a confiabilidade da sociedade e reduzir custos operacionais, fomentando uma maior qualidade dos dados em circulação (Oliveira et al., 2019).

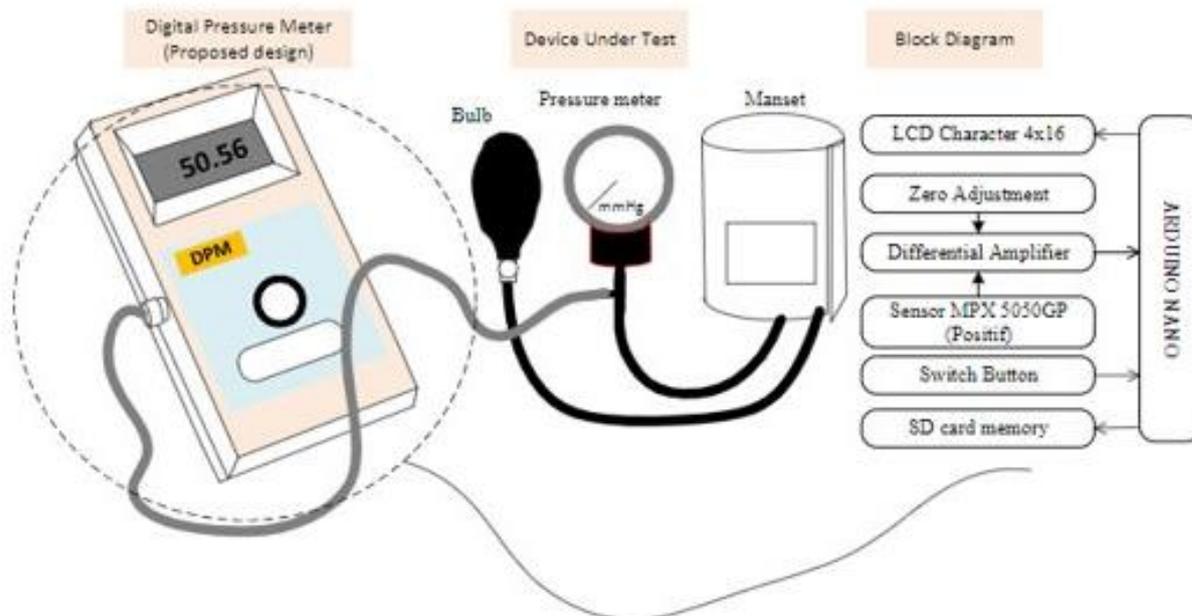
A utilização de gateways pode ser uma alternativa na centralização das informações e no auxílio nas dificuldades de escassez de recursos computacionais (Carrion; Quaresma, 2019). Assim como pode ser utilizada uma proteção criptográfica em informações consideradas sensíveis, que passaram por uma separação dos dados, classificados de acordo com o seu grau de valor ou significado. Logo, torna-se indispensável a promoção da proteção dos dados pessoais e sigilosos armazenados em IoT. (Tachibana, 2017 *apud* Oliveira et al., 2019).

3. MÉTODO

3.1. Metodologia

Para o desenvolvimento da simulação e do protótipo de um dispositivo analisador de esfigmomanômetro, o trabalho possuiu como base a estrutura de um equipamento semelhante, proposto por Prastawa, Anugrahni e Lawal (2022) e que pode ser observado na figura 1.

Figura 1: funcionamento de um analisador de esfigmomanômetro

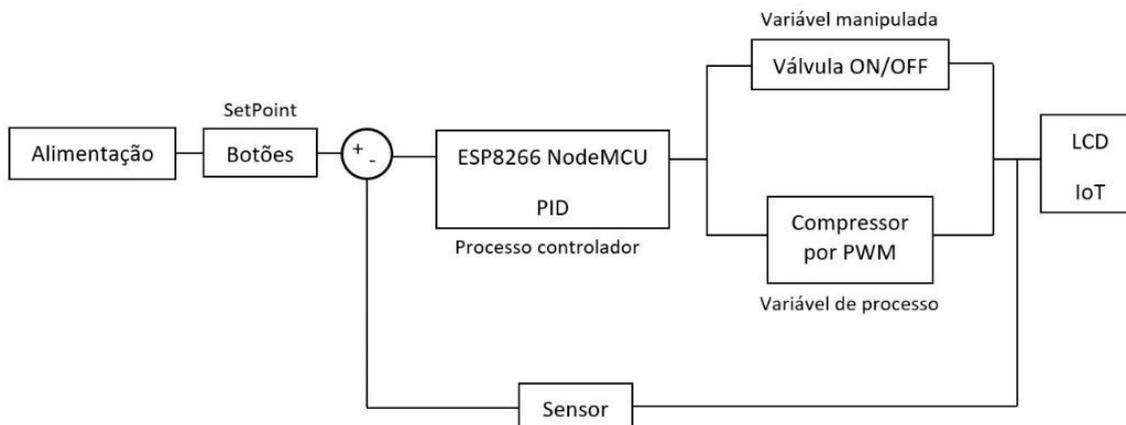


Fonte: Prastawa, Anugrahni e Lawal, 2022.

Nela, o analisador irá ler corretamente a pressão exercida pela pera, através da escolha manual de valores e em seguida, insuflar a braçadeira. O manômetro analógico é conectado ao dispositivo e à braçadeira, mostrando momentaneamente valores de pressão. Com isso, será comparado tanto o valor do analisador quanto o do manômetro, para assim, verificar se o valor de ambos os dispositivos está de acordo com a tolerância aceitável pela norma NBR IEC 80601-2-30.

NBR IEC 80601-2-30: Norma que indica os requisitos particulares para a segurança básica e o desempenho essencial dos esfigmomanômetros automáticos não-invasivos.

Figura 2: Diagrama de blocos proposto para o projeto



Fonte: autores.

Adaptações e adequações foram feitas, resultando em um sistema (Figura 2) de malha fechada, que se inicia com a fonte de alimentação, seguida por botões de controle, para escolha de setpoints (definidos por meio de + ou - 60mmHg), processo controlador, válvula, compressor por PWM e sensor de pressão, levando os valores obtidos ao LCD e ao IoT. Tal funcionamento será detalhado nos resultados do projeto.

3.2. Procedimentos

3.2.1. Pesquisa Qualitativa

A pesquisa qualitativa referente ao projeto foi realizada por meio dos descritores: “calibração”, “esfigmomanômetro”, “pressão sanguínea” e “medidor de pressão”, dando prioridade aos artigos publicados a partir do ano de 2018 por meio de filtragem. Após captados, foi feita a leitura sistemática dos artigos, seguida da identificação da relevância científica em relação ao tema objetivado. Os artigos escolhidos passaram assim por uma leitura interpretativa, que pôde, de maneira mais complexa, identificar o conteúdo expresso nos textos e utilizá-los como referências para o presente trabalho.

Esta etapa tratou-se, portanto, de uma revisão integrativa da literatura, exploratória-descritiva, realizada no período de agosto a novembro de 2022, utilizando a plataforma Google Acadêmico (vide tabela 1) e as bases de dados Scielo e Pubmed, nas línguas portuguesa, espanhola e inglesa. Foram inclusos trabalhos originais e plataformas digitais da Organização Mundial da Saúde, assim como boletins do Ministério da Saúde que tratassem de informações

relevantes sobre hipertensão arterial em nível nacional, sendo excluídos trabalhos que fugissem da temática proposta.

Tabela 1 – Configuração do mecanismo de busca pela plataforma Google Acadêmico

Tipo de material	Todos os tipos	Idioma	Qualquer idioma
Data de publicação	2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2007, 2003	Tipo de acesso (<i>Open Access</i>)	Não preenchidos

Fonte: autores.

3.2.2. Pesquisa de mercado

A etapa seguinte do projeto consistiu em uma pesquisa de mercado, no período de agosto a setembro de 2022, objetivando a elaboração de um comparativo de preços entre analisadores de esfigmomanômetros já disponíveis no mercado, para enfim, realizar uma análise das necessidades do atual mercado.

3.3. Desenvolvimento do protótipo

Para o desenvolvimento do protótipo, foram utilizados os softwares Proteus e Arduino IDE, para desenvolvimento da parte eletroeletrônica, AutoCAD e Inventor, para mecânica e a ferramenta Google Sheets, para a Internet das Coisas. Esses, foram escolhidos de acordo com o conhecimento prévio dos integrantes do grupo sobre suas interfaces de utilização.

A montagem e o acabamento foram diretamente dependentes da escolha dos materiais e de seus custos. Os principais componentes utilizados para o desenvolvimento do protótipo foram: microcontrolador ESP8266 NodeMCU, válvula solenoide, mini compressor de ar, sensor de pressão Ar DIP 40kPa, display LCD 16x2. Já o acabamento considerado pelos autores, constitui-se de um console, destinado à disposição do conjunto do equipamento. O material escolhido para o presente projeto é o Plástico ABS, por ser conhecido pela sua flexibilidade, resistência e viabilidade econômica. Além disso, para insuflação do ar, foram selecionados um manguito de 2 vias de PVC com volume de 229,5cm³ e uma mangueira pneumática de poliamida com tubo 6mm, com uma pressão máxima de 7500mmHg.

No projeto, a proposta da implementação da tecnologia IoT aparece como uma ferramenta de apoio na coleta de dados do analisador de medidor de pressão e do

esfigmomanômetro examinado, a fim de estabelecer parâmetros de comparação entre os valores obtidos e os ideais, para gerar um relatório em planilha com tabela e gráfico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da revisão bibliográfica desenvolvida no início do projeto, observou-se a importância da recorrente calibração dos dispositivos de esfigmomanômetro, visto a gravidade mundial dos problemas de saúde relacionados à pressão arterial e suas possíveis sequelas. Além disso, pode-se verificar uma ampla gama de vantagens na implementação da Internet das Coisas em equipamentos médicos, possibilitando a comunicação e o acesso às informações entre diversos objetos, de qualquer lugar.

4.1. Pesquisa de mercado

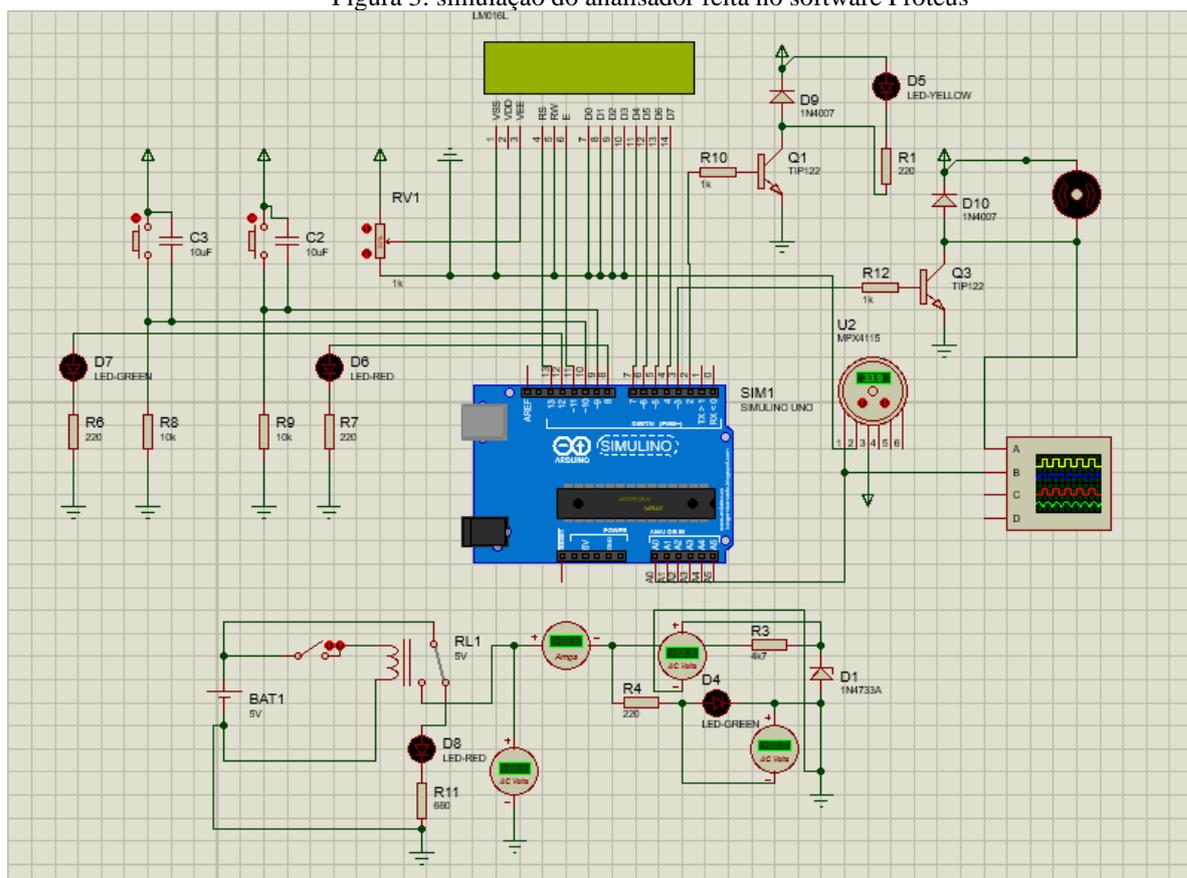
Ao realizar uma pesquisa sobre equipamentos para calibração de medidores de pressão já existentes no mercado, foi possível destacar dois modelos: Handy Press, da empresa R&D Mediq, e BP Pump 2 INT, da Fluke. Seus valores no mercado estão, respectivamente, em torno de R\$12.200,00 e US\$7.710,00. Notou-se uma baixa variabilidade desse tipo de equipamento, ou seja, poucas opções disponíveis para escolha no mercado, assim como o preço elevado de tais dispositivos, que são essenciais para o correto diagnóstico de doenças e para a prevenção de problemas envolvendo o uso errôneo de medicamentos, por exemplo.

4.2. Desenvolvimento do protótipo digital

4.2.1. Proteus e Arduino IDE

Por meio do software Proteus 8, foi possível desenvolver a simulação da parte eletroeletrônica do equipamento proposto.

Figura 3: simulação do analisador feita no software Proteus



Fonte: autores.

Como observado na figura 3, a simulação é dividida em diferentes partes. A primeira delas, refere-se à alimentação, por meio de uma bateria de 5V, possuindo um botão ON/OFF (liga/desliga). Quando o botão estiver desligado, o led vermelho estará aceso, indicando que o circuito está desligado. Já quando o botão ON estiver acionado, o relê muda o contato, acende o led verde e alimenta o microcontrolador. Para a proteção de todo o circuito do projeto, foi utilizado um diodo limitando a alimentação em 5V. Como opção, é possível alimentar o sistema por meio de um conversor 127V/5V com fusível de proteção, para evitar picos de correntes acima de 10A ou curto-circuito na rede, que possa danificar o equipamento.

Outra parte da simulação diz respeito ao microcontrolador ESP8266 NodeMCU, que irá controlar todo o sistema. Esse componente estabelece cálculos de automação, utilizando PID¹ para o controle de pressão, onde o usuário, através de dois botões (+60mmHg e -60mmHg), ajusta o valor de SetPoint desejado e com isso, manda a pressão necessária para o compressor de ar. Em seguida, lê os dados obtidos através de um sensor, manipulando, assim, a válvula

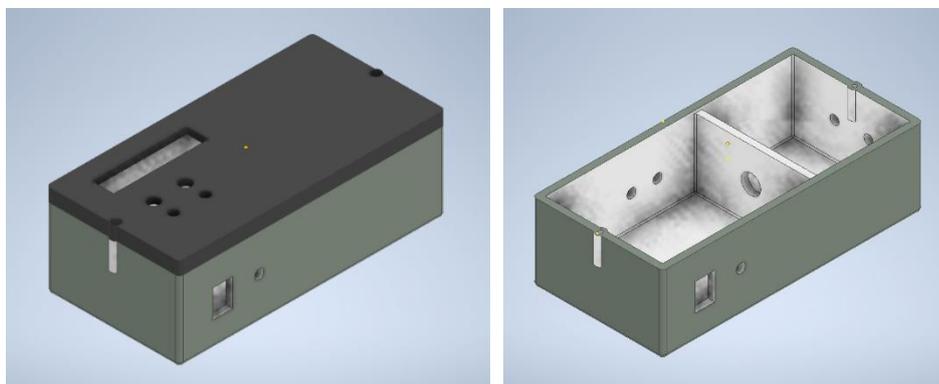
solenóide, para liberar pressão caso necessário e dessa forma, mostrar os valores através de um display LCD 16x2.

No software Arduino IDE, foi desenvolvida a programação do microcontrolador, para a sua atuação como um sistema embarcado, ao efetuar cálculos de proporcional, integral e derivativo, suas variáveis e conceder a mudança de valores desejáveis através de botões.

4.2.2. AutoCAD e Inventor

Como resultado da parte mecânica do projeto, foi possível desenvolver o projeto de um compartimento para os componentes do dispositivo produzido, utilizando o software AutoCAD 2020 e Inventor 2020, para a disposição dos parafusos. A parte física (Figura 4a) que abriga todo o circuito de operação do equipamento, constitui em duas partes básicas: caixa e tampa. A caixa possui uma divisória interna (Figura 4b) com a tentativa de obtenção de proteção para a parte eletrônica. A união se dará por dois parafusos do tipo rosca máquina cabeça chata Philips M3 de comprimento 20mm. Possui furos para a utilização de botões, LEDs, passagem da pressão aplicada, entrada de alimentação e o LCD.

Figuras 4a e 4b: carcaça desenvolvida no AutoCAD 2020



Fonte: autores.

Além disso, foi realizada a Análise de Tensões utilizando o desenho 3D do console no software Autodesk Inventor, para observar os pontos críticos caso o material seja de Poliestireno de Alto Impacto (PSAI) ou Plástico Acrilonitrila Butadieno Estireno (Plástico ABS). Aplicando uma pressão de 40 kPa na região interna reservada para a parte pneumática, foi possível observar que o material sofrerá uma deformação permanente, além do fator de segurança na faixa de 3,53 a 15ul, indicando um projeto seguro.

4.2.3. Materiais e custos

Como pode ser observado na tabela 2, o valor total do protótipo desenvolvido ficou em torno de R\$338,52. Esse custo foi referente aos componentes adquiridos para a construção, como ESP8266, sensor de pressão, mini compressor, válvula solenoide, jumpers, display LCD16x2, protoboard 830 pontos e demais materiais.

Tabela 2 – Componentes e preços

COMPONENTES	CUSTO
ESP8266	R\$ 49,90
Sensor de pressão	R\$ 30,00
Mini compressor	R\$ 59,90
Válvula solenoide	R\$ 35,00
Jumpers	R\$ 16,83
Display LCD 16x2	R\$ 29,99
Proteoboard 830 pontos	R\$ 16,90
Outros	+/- R\$ 100,00
TOTAL	+/- R\$ 338,52

Fonte: autores.

4.2.4. Montagem e acabamento

A montagem foi realizada com o uso dos componentes da simulação, em exceção do microcontrolador ESP8266. Uma vez finalizada, seriam feitos testes no circuito dos atuadores (válvula e mini compressor) e também o ganho das constantes do PID, para assim possuir resultados mais fidedignos. Na figura 5a, é possível observar a montagem eletrônica do protótipo, realizada pelos autores do projeto. Além disso, foi levado em conta um recipiente para insuflação da pressão emitida pelo mini compressor, uma válvula para vazão do ar, um sensor para medição da pressão, um display para exibição dos valores, um manômetro do esfigmomanômetro aferido e botões de menos e mais pressão, que permitem ao operador seguir os procedimentos operacionais necessários para a aferição dos parâmetros medidos, como mostrado na figura 5b.

Figura 5a: montagem geral do protótipo

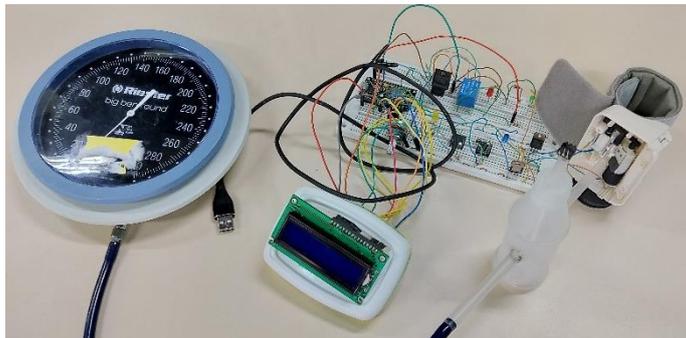
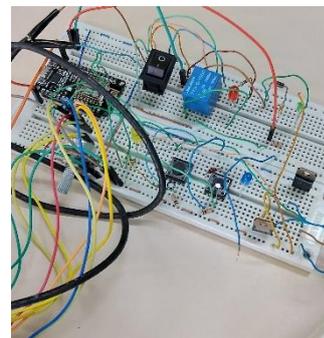


Figura 5b: montagem detalhada

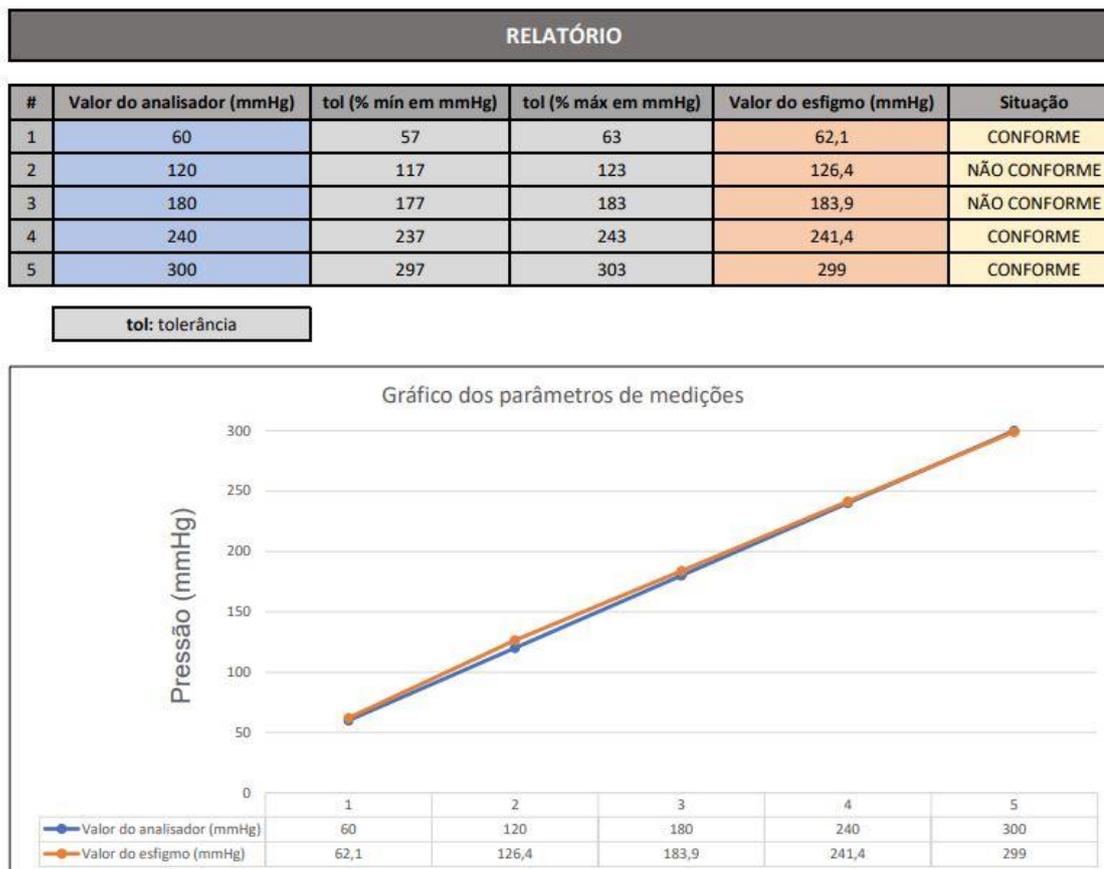


Fonte: autores.

4.2.5. Implementação da Tecnologia IoT

A ferramenta escolhida para o armazenamento e a análise dos dados obtidos pelo equipamento proposto foi o Google Sheets, visto que nessa plataforma, o microcontrolador ESP8266 pode ser facilmente conectado. Além disso, foi pensado em uma interface para apresentação dos resultados (Figura 6), em que há colunas referentes aos valores de setpoint, tolerância mínima e máxima, valores registrados pelo esfigmomanômetro e situação de calibração, explicitando se o equipamento está dentro ou fora dos parâmetros necessários.

Figura 6: interface de coleta de dados com tabela e gráfico



Fonte: autores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No levantamento bibliográfico realizado identificou-se oportunidades para a melhoria de um projeto e protótipo de um analisador esfigmomanômetro, como custos elevados dos dispositivos, questões relacionadas a verificação da calibração, usabilidade e disponibilidade dos dados coletados, principalmente em sistemas analógicos. Quando comparado aos elevados preços dos equipamentos disponíveis no mercado, identificou-se uma oportunidade para a produção de um dispositivo de baixo custo e de fácil acesso em território nacional.

Com relação a precisão da pressão medida mmHg para os índices de 60, 120, 180, 240 e 300 mmHg, o protótipo durante as simulações, apresentou não conformidades de precisão para as medições de 120 e 180 mmHg, ou seja, a variação foi maior que 3 mmHg. Já com relação a coleta de dados, o console possui estrutura que permite a inserção de I/O para um processador de dados, suficiente para coleta e armazenagem dos dados analisados. A usabilidade pôde ser verificada, durante os testes, onde o operador pode acessar os botões de

comando no controlador, permitindo as operações necessárias para as medições durante o diagnóstico e verificação de calibrações.

Podemos concluir que o projeto e protótipo apresentaram as características iniciais propostas. Sendo, que para as medições de pressão entre 120 e 180 serão necessários ajustes dos componentes específicos, o que poderá ser desenvolvido em trabalhos futuros. Ainda, pode-se incluir o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos cálculos dos ganhos de PID, bem como, um protótipo com as características comerciais.

REFERÊNCIAS

AGOSTINELLI, Joice. A importância da lei geral de proteção de dados pessoais no ambiente online. **Etic-encontro de iniciação científica**. v. 14, n. 14, 2018. Disponível em: <http://intertemas.toledoprudente.edu.br/index.php/ETIC/article/view/7025>. Acesso em 8/11/2022.

Ala Al-Fuqaha; Mohsen Guizani; Mehdi Mohammadi; Mohammed Aledhari; Moussa Ayyash. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**. Volume: 17, Issue: 4, Fourthquarter, 2015. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7123563>. Acesso em 8/11/2022.

BARROSO, W. K. S. et al. **Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial–2020**. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 116, p. 516-658, 2021.

CARRION, Patrícia; QUARESMA, Manuela. **Internet da Coisas (IoT): Definições e aplicabilidade aos usuários finais**. Human Factors in Design, v. 8, n. 15, p. 049-066, 2019.

DANTAS, R.C.O.; RONCALLI, A.G. **Protocolo para indivíduos hipertensos assistidos na Atenção Básica em Saúde**. Ciênc. saúde colet., v. 24, n. 1, p. 295 – 306, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/SPzQTQ6dJjYvgf8w7czq8MQ/>. Acesso em 8/11/2022.

OLIVEIRA, Nairobi; GOMES, M. A.; LOPES, R.; NOBRE, J.C. **Segurança da informação para internet das coisas (IoT): uma abordagem sobre a lei geral de proteção de dados (LGPD)**. Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação, v. 17, n. 4, 2019. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/reic/article/view/88790>. Acesso em 8/11/2022.

DURÃES, A. R.. **Helicobacter Pylori e Pressão Alta**. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 117, p. 637-638, 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8528362/> Acesso em 8/11/2022.

JIKEK, J. **Electronic sphygmomanometers: The problems and some suggestions**. Biomedical Instrumentation & Technology, Arlington, VA, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/10609628_Electronic_sphygmomanometers_The_problems_and_some_suggestions. Acesso em 8/11/2022.

LEMOES, A. e MARQUES, D. Privacidade e Internet das Coisas: uma análise da rede Nest a partir da Sensibilidade Performativa. 2018. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20200210000945/https://www.e-compos.org.br/e-compos/article/download/1611/1957>. Acesso em 8/11/2022.

MAIA, K. A. P.; MALACHIAS, M. V. B.; PAIVA, I. V.; MARIANO, R. da M. e PAIVA, R. V. de P. **Inadequações dos Esfigmomanômetros Utilizados em Serviços de Urgência e Emergência de uma Grande Capital Brasileira.** International Journal of Cardiovascular Sciences (Impr.), Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <https://ijcscardiol.org/pt-br/article/inadequacoes-dos-esfigmomanometros-utilizados-em-servicos-de-urgenciae-emergencia-de-uma-grande-capital-brasileira/> Acesso em: 8/11/2022.

MARQUES, Gonçalo; PITARMA, Rui. **Saúde ocupacional e ambientes de vida melhorados com recurso à Internet das Coisas.** Revista RISTI E, v. 19, p. 1-13, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rui_Pitarma/publication/335653524_Occupational_health_and_enhanced_living_environments_through_Internet_of_Things/links/5d72316d4585151e4a0de81/Occupational-health-and-enhanced-living-environments-through-Internet-of-Things.pdf. Acesso em 8/11/2022.

MARTINS, V. C.; BERNARDES, M.; CUSTÓDIO, R. A. R. e MELLO, C. H. P. **Aplicação de teste de usabilidade e avaliação heurística em aparelho medidor de pressão digital de pulso.** Revista Produção Online, v. 17, n. 4, p. 1179-1203, 2017. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/2529>. Acesso em 8/11/2022.

MASSOLA, Silze Cristina; PINTO, Giuliano Scombatti. **O uso da Internet das Coisas (IoT) a favor da saúde.** Revista Interface Tecnológica, v. 15, n. 2, p. 124-137, 2018. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/515> Acesso em 8/11/2022.

Mesquita, C. T. The Accuracy of Blood Pressure Measurement. **International Journal of Cardiovascular Sciences**, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ijcs/a/G3K8NZPSk6czpwwW4Xj4kLS/?lang=en>. Acesso em 8/11/2022.

MIRANDA, G.M.D.; MENDES, A.C.G.; SILVA, A.L.A. **Population aging in Brazil: current and future social challenges and consequences.** Rev Bras Geriatr Gerontol. v. 19, n. 3, p. 507-19, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbgg/a/MT7nmJPPrt9W8vndq8dpzDP/>. Acesso em 8/11/2022.

MONTEIRO, G. P. ; FRANCO, M. T. M.; SILVA, M. C. M. e FERREIRA JUNIOR, M. **Influência dos fatores de risco na patogênese da hipertensão arterial sistêmica.** Saúde Dinâmica, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2020. Disponível em: <http://revista.faculadedinamica.com.br/index.php/sausedinamica/article/view/24>. Acesso em 8/11/2022.

QUEIROZ, M. G.; AQUINO, M. L. A.; BRITO, A. D. L.; MEDEIROS, C. C. M.; SIMÕES, M. O. da S.; TEIXEIRA, A. e CARVALHO, D. F.de. **Hipertensão arterial no idoso-doença prevalente nesta população: uma revisão integrativa.** Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 4, p. 22590-22598, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/9409> Acesso em 8/11/2022.

RODRIGUES FILHO, B. A.; FARIAS, R. F.; DOS ANJOS, W. E. **Measuring the oscillometric method contribution to the measurement uncertainty of automated sphygmomanometers using a patient simulator.** Journal of Physics: Conference Series. Anais...Institute of Physics Publishing, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1379/1/012061>. Acesso em 8/11/2022.

SANTANA, B.S.; RODRIGUES, B.S.; STIVAL, M.M.; VOLPE, C.R.G. **Hipertensão arterial em idosos acompanhados na atenção primária: perfil e fatores associados.** Esc Anna Nery.,

v. 23, n. 2, p. 1- 8, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ean/a/yG9xkGYb7zCn78R8znRGnQS/abstract/?lang=pt>. Acesso em 8/11/2022.

SAUER JÚNIOR, C.J. ; RABELO, D. F. **Esfigmomanômetros descalibrados: enfoque na atenção primária**. Saúde da Família em Terras Baianas, p. 95–110. Bahia, 2020. Disponível em: https://issuu.com/edufrib/docs/saude_da_familia_em_terras_baianas. Acesso em 8/11/2022.