



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA - PRPGP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM SAÚDE –
PPGCTS
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM SAÚDE

RAFAEL AGUIAR FARIA

**AVALIAÇÃO DA FUNCIONALIDADE DE PROTÓTIPO ADAPTATIVO PARA
CAPTAÇÃO DO ALARME DE VENTILADORES MECÂNICOS COM O
SMARTPHONE DO FISIOTERAPEUTA ATRAVÉS DO USO DE APLICATIVO**

CAMPINA GRANDE – PB

2021

RAFAEL AGUIAR FARIA

**AVALIAÇÃO DA FUNCIONALIDADE DE PROTÓTIPO ADAPTATIVO PARA
CAPTAÇÃO DO ALARME DE VENTILADORES MECÂNICOS COM O
SMARTPHONE DO FISIOTERAPEUTA ATRAVÉS DO USO DE APLICATIVO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia em Saúde.

Orientadora: Prof^a. Dra. Giselda Félix Coutinho

Co-orientador: Prof^o. Dr. Paulo Eduardo e Silva Barbosa

CAMPINA GRANDE – PB

2021

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

F224a Faria, Rafael Aguiar.

Avaliação da funcionalidade de protótipo adaptativo para captação do alarme de ventiladores mecânicos com o smartphone do fisioterapeuta através do uso de aplicativo [manuscrito] / Rafael Aguiar Faria. - 2021.

57 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Profissional em Ciência e Tecnologia em Saúde) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2021.

"Orientação : Profa. Dra. Giselda Félix Coutinho, Departamento de Fisioterapia - CCBS."

1. Ventilador mecânico. 2. Tecnologia em Saúde. 3. Internet das coisas. I. Título

21. ed. CDD 600

RAFAEL AGUIAR FARIA

AVALIAÇÃO DA FUNCIONALIDADE DE PROTÓTIPO ADAPTATIVO PARA
CAPTAÇÃO DO ALARME DE VENTILADORES MECÂNICOS COM O *SMARTPHONE*
DO FISIOTERAPEUTA ATRAVÉS DO USO DE APLICATIVO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Saúde da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia em Saúde.

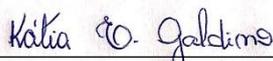
Área de concentração: Desenvolvimento de Produtos e Processos para Tecnologia em Saúde.

Dissertação aprovada em: 23/03/2021

BANCA EXAMINADORA:



Profa. Dra. Giselda Félix Coutinho (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profª. Dra. Kátia Elizabeth Galdino
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Roberto Marden Lucena
Faculdade São Francisco de Barreiras (UNIFASB)

Dedico esta dissertação aos meus pais, Herben Cardoso Faria e Maria Zuleica Aguiar Faria pela criação e pelas lições que até hoje tenho posto em prática. Ao meu irmão, Marcus Vinícius Aguiar Faria, meu braço direito nesta longa estrada da vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo, por iluminar meus passos nesta jornada, transmitindo força e coragem para seguir em frente.

À minha família, pelo apoio incondicional, proporcionando diretamente à minha formação profissional.

Ao professor Dr. Roberto Marden Lucena pelo incentivo, disposição e paciência.

À professora e minha orientadora, Dra. Giselda Félix Coutinho, bem como meu Co-orientador, Dr. Paulo Eduardo e Silva Barbosa, por sempre me encorajar nesta jornada, me dando forças para atingir meus objetivos e toda orientação desde do início.

Aos professores que contribuíram para formação profissional, sempre incentivando, ajudando e me orientando para as minhas conquistas.

Ao meus nobres amigos e colegas de docência que fizeram parte da equipe multidisciplinar, Professor Andeson de Jesus de Menezes e Prof. Enoch Menezes de Oliveira Junior, pessoal que abraçou o projeto do início ao fim.

Aos meus amigos e amigas de turma, pelo convívio e aprendizagens recíprocas, vencendo cada obstáculo.

Finalmente, agradeço às pessoas que passaram por minha vida, acrescentando sempre à minha existência, seja por um dia, um mês ou ano, enfim, que de alguma forma me transmitiram energia fundamental para que pudesse me sentir puro e verdadeiramente vivo.

Meu humilde e sincero muito obrigado. Que Deus abençoe.

RESUMO

A ventilação mecânica favorece uma condição respiratória ao indivíduo até a emissão de características semelhantes da ventilação espontânea, condição expressa em indivíduos saudáveis. Considerando que os equipamentos hospitalares estão sempre em aprimoramento, faz-se necessário pensar na criação de dispositivos que possam contribuir para maior comunicação entre os equipamentos e os profissionais integrantes da equipe de saúde. Sendo assim, o estudo buscou avaliar a funcionalidade de um protótipo em capturar em tempo real a ação dos alarmes dos ventiladores mecânicos com o *smartphone*. Trata-se de um estudo quantitativo com finalidade tecnológica, realizado em duas etapas. Na primeira etapa, foi montado o protótipo, realizado os testes de ajustes em um laboratório do UNIFASB e, em seguida, ocorreu a simulação da comunicação do protótipo com o ventilador mecânico e o *smartphone*. A segunda etapa constituiu-se da apresentação de um vídeo explicativo sobre a funcionalidade do protótipo, seguida pela aplicação de um questionário online. Participaram do estudo fisioterapeutas atuantes em Unidade de Terapia Intensiva ou no setor de Emergência e Urgência, com tempo de atuação na área variando entre 1 e 5 anos. Após a visualização do vídeo de simulação do protótipo, todos os fisioterapeutas participantes afirmaram estar satisfeitos com o protótipo e sua efetividade. Diante dos resultados encontrados nas respostas do questionário, o protótipo montado apresentou nível de efetividade ao reconhecer em tempo real qual o acionamento do alarme do ventilador mecânico, alertando o profissional pelo *smartphone*. Contribuindo na segurança dos pacientes sob ventilação mecânica.

Palavras-chave: Ventilador Mecânico. Alarmes. Protótipos. Smartphone.

ABSTRACT

Mechanical ventilation favors a respiratory condition to the individual even the emission of similar characteristics of spontaneous ventilation, a condition expressed in healthy individuals. Considering that hospital equipment is always being improved, it is necessary to consider the development of devices that can contribute to greater communication between the equipment and the professionals who are part of the health team. Thus, the study aimed at evaluating the functionality of a prototype in capturing in real time the action of alarms from mechanical ventilators through the smartphone. This is a quantitative study with a technological purpose, carried out in two stages. In the first stage, the prototype was assembled, adjustment tests carried out in a UNIFASB laboratory, and then the simulation of the prototype's communication with the mechanical ventilator and the smartphone occurred. The second stage consisted of an explanatory video presentation on the prototype functionality, followed by an online questionnaire. Physiotherapists working in the Intensive Care Unit or in the Emergency and Urgency sector participated in the study, with experience in the area varying from 1 to 5 years. After watching the prototype simulation video, all participating physiotherapists claimed to be satisfied with the prototype and its effectiveness. In the face of the results found in the questionnaire replies, the assembled prototype showed a level of effectiveness when recognizing in real time what triggered the mechanical ventilator alarm, warning the professional through the smartphone. Contributing to the safety of patients under mechanical ventilation.

Keywords: Mechanical Ventilator. Alarms. Prototypes. Smartphone.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-Fluxograma da evolução dos ventiladores mecânicos da terceira geração.....	16
Figura 2- Imagem dos componentes utilizados no protótipo	21
Figura 3- Esquema gráfico do protótipo.....	22
Figura 4- Fluxo de funcionamento	23
Figura 5- Visão sistemática das ligações entre os componentes do protótipo.....	25
Figura 6- Software utilizado para programação inicial do ESP32 – Código fonte	27
Figura 7- Fluxo da notificação para plataforma escolhida	28
Figura 8- Visualização do Código Fonte do App em Flutter.dev.....	29
Figura 9- Teste de funcionamento do protótipo realizado no laboratório do UNIFASB	32
Figura 10- Imagens utilizadas no vídeo explicativo.....	33
Figura 11- Componentes de uma Placa ESP – 32, tido como cérebro do protótipo	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Lista de componentes utilizados no protótipo	25
Tabela 2- Características dos participantes	33
Tabela 3- Características acerca do domínio da ventilação mecânica.....	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Nível de satisfação do protótipo na comunicação entre o ventilador mecânico e o <i>smartphone</i>	38
Gráfico 2- Nível de satisfação na comunicação entre o profissional e o equipamento	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATS	American Thoracic Society
APPS	Aplicativos
CONEP	Conselho Nacional de Pesquisa com Seres Humanos
FiO2	Fração inspirada de oxigênio
FR	Frequência respiratória
GTI	Gestão de Tecnologia da Informação
IDE	Integrated Development Environment
IOT	Internet das Coisas ou Internet of Things
m-HEALTH	Mobile health
RFID	Reconhecedores de rádio frequência
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UCI	Unidades de Cuidados Intensivos
UNIFASB	Centro Universitário São Francisco de Barreiras
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
VM	Ventilação Mecânica
VNI	Ventilação não invasiva

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	Evolução dos ventiladores mecânicos	15
3.2	Internet das coisas e sua relação com o protótipo.	19
4	MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1	TIPO DE PESQUISA	24
4.2	PROTÓTIPO	24
4.2.1	ETAPA I.....	24
4.2.1.1	Montagem física estrutural do protótipo	24
4.2.1.2	Explicações	26
4.2.1.3	Aplicativo para <i>smartphone</i> e desenvolvimento do protótipo hardware	26
4.2.2	ETAPA II.....	29
4.2.2.1	LOCAL DA PESQUISA	29
4.2.2.2	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO AMOSTRAL	30
4.3	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	30
4.3.1	AMBIENTE	30
4.4	ASPECTOS ÉTICOS	31
4.5	ANÁLISE DE DADOS	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
6	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS	42
	APÊNDICES	46
	APÊNDICE I: Questionário online	46
	ANEXOS	48
	ANEXO I: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	48
	ANEXO II: Carta de anuência.....	51
	ANEXO III: Ofício de vias públicas	52
	ANEXO IV: Parecer do Comitê de Ética	53
	ANEXO V: Constituição da placa ESP32.	56

1 INTRODUÇÃO

O sistema respiratório é formado pelo nariz, cavidade do nariz, faringe, laringe, traqueia, brônquios e pulmões, sendo esses responsáveis pela troca de moléculas gasosas que se processam através da parede alveolar. Esse processo está dividido em três fases distintas, porém coordenadas: a ventilação, processo através do qual ocorre a entrada do ar vindo da atmosfera em direção aos alvéolos; a perfusão do sangue decorrente do coração que alcança os capilares alveolares; e, a difusão, momento que acontece a passagem de oxigênio dos alvéolos para o sangue e do gás carbônico também presente no sangue para os alvéolos, redundando numa das funções mais importantes do tórax: a respiração (DRAKE *et al.*, 2015).

Os tecidos e sistemas biológicos saudáveis conseguem corrigir qualquer alteração dentro do processo fisiológico respiratório, as quais são provocadas por mudanças na frequência respiratória, volume corrente, insuflação pulmonar e outras condições em que a ventilação mecânica, quando solicitada, entra por meio de uma pressão positiva nas vias aéreas respiratórias do paciente.

O objetivo da ventilação mecânica é favorecer uma condição respiratória ao indivíduo até ele emitir características semelhantes de ventilação espontânea, condição expressa em indivíduos saudáveis (FONTELA *et al.*, 2017).

Os primeiros aparelhos, denominados “pulmões de aço”, capazes de corrigir a interrupção da ventilação espontânea surgiram no final do século XIX, criados por Alfred Woillez. Consistia numa máquina capaz de fornecer uma pressão negativa na caixa torácica do indivíduo, permitindo o contato das vias aéreas com a pressão atmosférica. Contudo, com o avanço das pesquisas por volta dos anos 60, foram criados outros aparelhos, que ofertavam pressão positiva, consistindo em aprimoramento das técnicas de ventilação mecânica (MELO *et al.*, 2014).

Em decorrência das dificuldades para ventilar pacientes com lesões parenquimatosas graves com o uso dos pulmões de aço, desenvolveu-se os aparelhos por pressão positiva com conexão direta pelas vias aéreas, amplamente difundidos. Estes significativos avanços ocorridos na década de 80 possibilitaram a construção dos atuais microprocessadores que oferecem amplos recursos de monitoração e novas técnicas (SILVA, 2011).

A evolução tecnológica dos ventiladores pulmonares ampliou as possibilidades de intervenção e monitoração do paciente grave em insuficiência respiratória dentro da Unidade de Terapia Intensiva (UTI), aumentando a segurança da ventilação (TOUFEN JUNIOR; CARVALHO, 2007).

Tendo em vista que os equipamentos hospitalares estão em constante aprimoramento para tornar o serviço mais ágil, eficiente e com maior conforto para os pacientes, é importante pensar na criação de dispositivos que possam contribuir para maior comunicação entre os equipamentos e os profissionais integrantes da equipe de saúde, como é a proposta deste projeto.

A grande quantidade de tecnologias descobertas pela ciência moderna tornou possível reunir em aparelhos do tipo *smartphone*, dispositivos ou aplicativos que incorporam funções de comunicação e processamento de dados em geral (RODRIGUES, 2009).

Com este estudo, espera-se gerar um protótipo que tenha adaptação aos ventiladores mecânicos, se comunique com o *smartphone* do fisioterapeuta, informando em tempo real o acionamento do alarme e se torne um contribuinte para monitorização dos pacientes que necessitem de suporte ventilatório. O estudo envolve também uma pesquisa cuja finalidade é investigar, junto aos fisioterapeutas intensivistas, se a existência de um dispositivo com as características do protótipo pode contribuir para segurança e monitorização do paciente.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a funcionalidade do protótipo que possa capturar, em tempo real, a ação dos alarmes dos ventiladores mecânicos com o *smartphone*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar a distância do alcance do sinal do protótipo com base na cobertura Wi-Fi;
- Contribuir com o melhor acompanhamento de pacientes em uso de suporte ventilatórios, dando a eles maior segurança por meio da identificação rápida do disparo do ventilação mecânico;
- Investigar, junto aos fisioterapeutas intensivistas, se o protótipo é capaz de capturar o acionamento de alarmes dos ventiladores mecânicos, podendo contribuir para segurança e monitorização do paciente.

3 REVISÃO DE LITERATURA

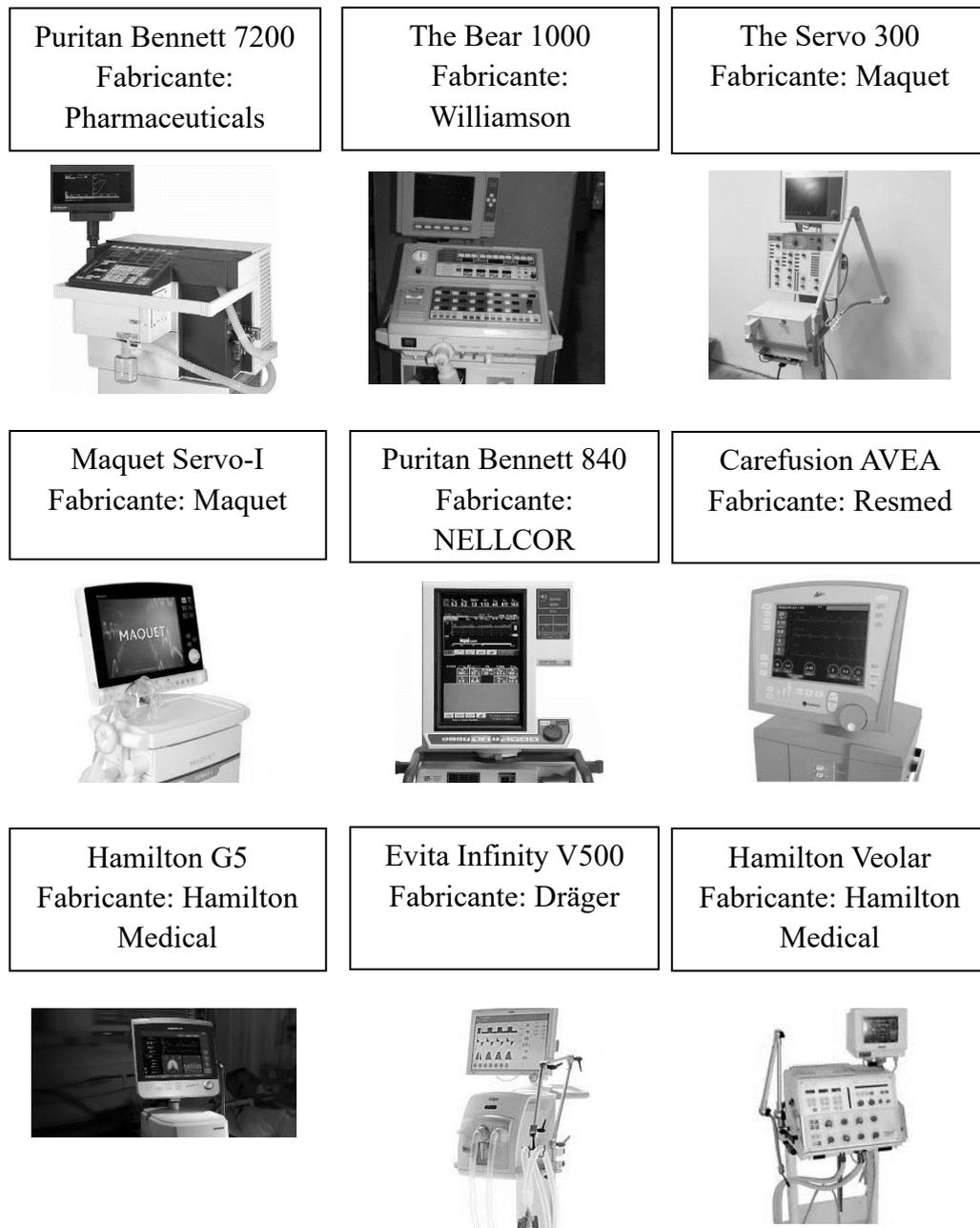
3.1 EVOLUÇÃO DOS VENTILADORES MECÂNICOS

A evolução técnica dos ventiladores mecânicos apresenta papel importante na ampliação de novas possibilidades de intervenção e monitoração do paciente grave que detém de algum distúrbio que envolva a insuficiência respiratória. Sendo assim, muitos ventiladores fornecem como diferencial as novas modalidades ventilatórias, provindas e aperfeiçoadas desde as gerações passadas e atualizadas conforme a evolução científica (ANDRADE, 2012).

A ventilação por pressão positiva atua de forma inversa à fisiologia respiratória. Atualmente, esses ventiladores controlam o fluxo do paciente além dos esforços respiratórios, empurrando o ar para dentro dos pulmões ao invés de reduzir a pressão em volta da caixa torácica (ANDRADE, 2012). Tobin e Manthous (2018) da *American Thoracic Society* (ATS) colocam que a ventilação mecânica é um tratamento de suporte à vida a curto prazo mais utilizada no mundo e é aplicada diariamente para diversas indicações, desde procedimentos cirúrgicos programados até falência aguda de órgãos (PHAM et al., 2017).

Prosseguindo, veremos a evolução dos ventiladores mecânicos ao longo da história, contendo seus respectivos modelos e alguns utilizados na terceira geração dos ventiladores mecânicos até os dias atuais, visto perceber a presença de uma tela acoplada caracterizando como microprocessador (Figura 1). Vale ressaltar que os aparelhos obtiveram um grau de modernidade avançado a cada tempo passado, ou seja, a evolução dos ventiladores mecânicos desde sua invenção até a atualidade.

Figura 1- Fluxograma da evolução dos ventiladores mecânicos da terceira geração



Fonte: Do autor, adaptado da internet, 2020.

A evolução começa a acontecer com a chegada dos ventiladores controlados eletronicamente que eram capazes de monitorar volumes e apresentavam alguns tipos de alarmes (SARMENTO, 2010). Ano após ano a tendência para tais aparelhos seria a sofisticação, capazes de eliminar os pontos negativos encontrados em ventiladores mecânicos mais antigos, acoplado, aos modernos, alarmes visuais e auditivos, além da monitoração do volume corrente.

O ventilador mecânico Evita Infinity V500, considerado da terceira geração, tem funções importantes, como a ventilação não invasiva, com ajuste na sensibilidade de disparo e

ciclagem da pressão de suporte para melhorar a sincronia entre paciente e ventilador; na estabilização, proporciona análise de baixo fluxo dos aspectos estáticos do pulmão para otimizar as configurações de ventilação; no desmame, com *SmartCare/OS* (pressão de suporte) possui um *software* automatizado e fundado cientificamente, que reduz o tempo de permanência na UTI além de utilizar a oxigenoterapia na recuperação para extubação ou a ventilação não invasiva, caso necessário (DRÄGER, 2015).

Os norte-americanos também lançaram no mercado seus ventiladores mecânicos como os modelos: Centiva e Engström Carestation. O Centiva 5 é um aparelho de ventilação avançada, fácil de usar, pois conta com operação simplificada pelas teclas programáveis. Já o Engström Carestation é um ventilador de cuidados críticos flexível e pode ser fisicamente adaptado a vários ambientes de trabalho. Esse aparelho é um sistema completo com capacidade de monitorização, ventilação do paciente e interface com a monitorização centralizada (GE HEALTHCARE, 2005).

Existem ainda o Servo-s que é um ventilador microprocessado, eletrônico, ciclado a tempo, fluxo e volume e controlado à pressão e volume, o qual pode ser utilizado tanto para paciente adultos quanto para pediátricos. O ventilador Servor – i é utilizado desde pacientes neonatais até adultos que apresentem insuficiência pulmonar ou distúrbios respiratórios (ANVISA, S/A).

O Newport E100m é um ventilador de funcionalidade geral, utilizado em larga aplicação e tem eficácia em ventilação de lactantes e adultos. O Ventilador Pulmonar E500 fornece suporte ventilatório contínuo no controle do quadro de paciente pediátricos e adultos que necessitam de volume corrente maior ou igual a 20 ml (ANVISA, S/A).

Os Ventiladores do fabricante Respironics como O BiPAP S/T-D 30 é visto como o primeiro ventilador de suporte de pressão que atua garantindo sensibilidade inspiratória e expiratória na presença de vazamentos de máscaras. O BiPAP Vision possui plataformas de hardware e software. Já o modelo Espirit é um ventilador que pode ser utilizado por pacientes adultos e pediátricos com capacidade de usar ventilação não invasiva (VNI), que possibilita fazer ventilação dos pacientes sem necessidade de intubação orotraqueal (JÚNIOR *et al.*; 2007).

O VELA possui um software de fácil utilização e oferta terapêutica a pacientes neonatos e adultos. Ele pode ser configurado como ventilador não invasivo ou de terapia invasiva. O AVEA é um ventilador de quarta geração que possui controle por software e tem distribuição dinâmica dos gases, atendendo também pacientes neonatais e adultos, assim como o VELA, além de exibir interface revolucionária (ANVISA, S/A). Já o Sensormedics 3100^a que também

tem fabricação pela Viasys Respiratorycare é um ventilador específico para neonatos (FIORETTO *et.al.*, 2009).

Dessa forma, pode-se observar que existem diversos modelos de ventiladores mecânicos microprocessados que integram a terceira geração, os quais são equipados para garantir mais segurança para o paciente. A equipe multidisciplinar pode obter mais informações com esses ventiladores através de gráficos visuais gerados quando estão conectados a vias áreas do paciente, apresentando formas de ventilação.

Nessa perspectiva, dentro das vantagens de ventiladores controlados por microprocessadores podemos citar: mecanismo de segurança e alerta através de alarmes; capacidade de ventilar com várias curvas de fluxo inspiratório; escolha do mecanismo de ciclagem (clicado ao tempo, volume ou pressão); possibilidade de ventilar pacientes adultos e crianças (URIBE, 2011; UECHI, 2012). Sendo assim, o desenvolvimento de métodos complementares de monitoramento do paciente à distância, em tempo real, contribui para o aumento destes benefícios.

A criação de dispositivo de monitoramento do paciente à distância, baseada nos conceitos da Internet das Coisas, ou *Internet of Things* (IOT), em tempo real, contribui para o aumento desses benefícios.

3.2 INTERNET DAS COISAS E SUA RELAÇÃO COM O PROTÓTIPO

Com a evolução dos ventiladores mecânicos, podemos observar o quanto esses equipamentos de suporte à vida se encontram em constante aprimoramento. Diante disso, esse estudo consiste na avaliação da funcionalidade de um protótipo capaz de estabelecer um elo inicial entre os ventiladores mecânicos e dispositivos, como o *smartphone*.

Para a engenharia, estrutura fundamental para o desenvolvimento da Internet das Coisas (*Internet of Things*- IOT), os reconhedores de rádio frequência (RFID) são responsáveis por conceder aos microchips a funcionalidade de transferir dados de reconhecimento para o leitor por via sem fio e permitem identificar, coordenar, facilitar as trocas de informações, conectar-se com as funções da internet e interrelacionar-se com indivíduos. Sendo assim, a internet passa a ser bem mais do que a troca de mensagens e pesquisas de referências ofertadas por outras pessoas (MASSOLA; PINTO, 2018; MAGRANI, 2018).

Em uma revisão bibliográfica de quinze artigos, Fachine *et al.* (2017) definiram a Internet das Coisas como uma interação de um objeto ou sensor com o ambiente em que está inserido, sendo necessária, para tanto, a existência de uma conexão nesse ambiente que permita a comunicação entre o objeto e sensor. Para Bartleson (2014), esse fenômeno está em constante evolução e vem invadindo pouco a pouco a vida de todos, podendo ser dividido em quatro áreas de conveniência: dispositivos portáteis, casas inteligentes e seus aparelhos, veículos conectados e cidades inteligentes.

Corroborando com essa declaração, observa-se um crescimento bastante intensificado na aplicação e inserção da IOT em várias competências de investimento (tais como a saúde, transporte, agricultura, etc.). Em virtude dos crescentes custos de cuidados relacionados à saúde, em muitos países, os profissionais da área passaram a demonstrar interesse em produzir soluções mais acessíveis e práticas, com intuito de reduzir despesas com a prestação de saúde e melhoria da eficiência na oferta desses serviços (ZEADALLY; BELLO, 2019).

Visando atingir essa meta, o setor da saúde tem adotado vários tipos de hardware, software, tecnologias e infraestrutura em suas redes internas. Recentemente, projetistas de sistemas de saúde integraram vários sistemas de controle médico a essa tecnologia a fim de fornecer serviços de saúde de alta qualidade acessível aos pacientes (ZEADALLY; BELLO, 2019).

Segundo Brito (2017), ao desenvolver metodologias voltadas para a saúde, haverá ganhos na efetiva manutenção de equipamentos hospitalares, além de melhorias significativas no acompanhamento em tempo real da saúde da população, permitindo seu monitoramento

através de sensores externos e internos ao corpo humano. O resultado será o bem-estar dos pacientes, além de alertas aos cuidadores técnicos de possíveis variações danosas medidas instantaneamente. Com isso, os gastos na saúde, tanto pública como privada, podem ser reduzidos drasticamente, apenas com a prevenção de problemas mais graves, possibilitando o ganho na qualidade de vida para a sociedade como um todo.

Por ter um papel muito importante em várias aplicações na saúde, a IOT é dividida em três critérios: cuidados clínicos, contexto de consciência e monitoramento remoto. Sendo assim, o real objetivo é produzir uma coleta de dados com menos erros humanos, ao automatizá-las, diminuindo assim os comunicados falsos, que poderão levar risco ao bem-estar do paciente (DHANVIJAY; PATIL, 2019).

Ao se conectar, os sistemas de saúde desempenham um papel crucial em intercomunicar os pacientes aos profissionais de saúde para vários repositórios de dados clínicos, instalações médicas e hospitais. Esta conectividade permite um compartilhamento abrangente de informações relevante entre as partes interessadas da saúde, feito por meio da comunicação do protótipo com *smartphone* do fisioterapeuta (ZEADALLY; BELLO, 2019). Assim, para entender melhor o seu funcionamento, é interessante conhecer os componentes de tal protótipo.

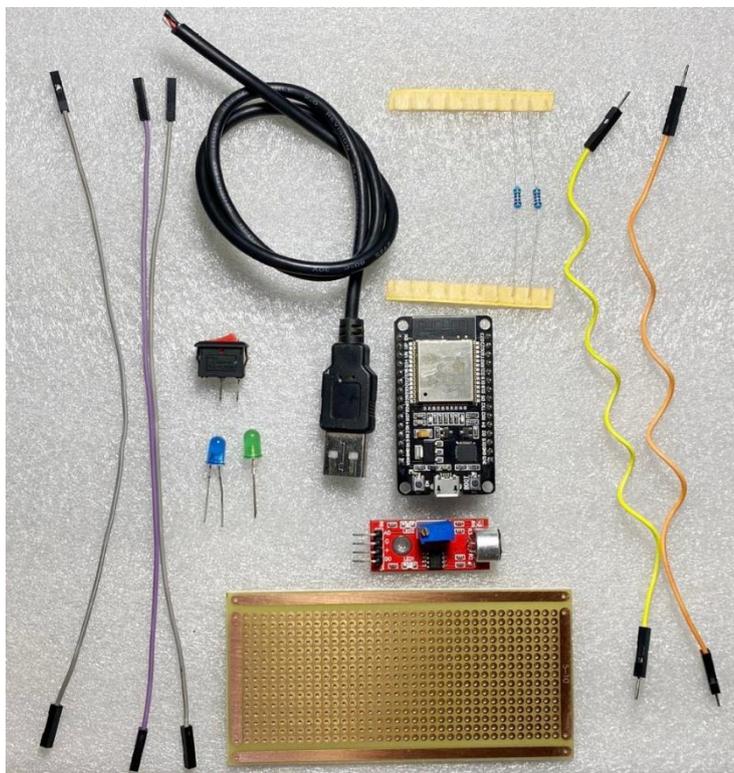
Durante as pesquisas no âmbito tecnológico, o uso de protótipos no desenvolvimento de produtos traz consigo consistência ao projeto, redução de incertezas e ajuda na conservação do fluxo de informações durante todo processo. Geralmente, protótipos físicos são fabricados a partir de técnicas. Nesta realidade, a criação, a fabricação e a finalização dependerão da experiência do profissional envolvido (KAMINSKI *et al.*, 2015).

O protótipo em estudo está diretamente ligado com a IOT, pois estabelece a conexão do ventilador mecânico com o *smartphone*, através de um aplicativo específico, fornecendo, assim, mais um meio de segurança ao paciente.

Na área da saúde, o desenvolvimento de protótipos e softwares permite agregar ações, melhor direcionamento do processo de trabalho e contribui na gestão de serviços (MOREIRA, *et al.*, 2016). O protótipo é caracterizado como uma ferramenta para compreender, analisar e compartilhar informações, sendo considerado o meio mais eficiente para uma comunicação ampla, já que tem a capacidade de traduzir os requisitos da área da engenharia de uma maneira compreensível a qualquer usuário (NEUBECK *et al.*, 2016).

A Figura 2 mostra todos os componentes utilizados para construção do protótipo. O microprocessador ESP32 é ponto chave para desenvolvimento do protótipo, uma vez que ele é preparado para IOT já composto por conexão Wi-Fi e bluetooth.

Figura 2- Imagem dos componentes utilizados no protótipo



Fonte: do autor, 2020.

O ESP32 (ANEXO V) é um chip combinado de Wi-Fi e Bluetooth de 2,4 GHz. Ele é projetado e otimizado para obter o melhor desempenho de energia, robustez, versatilidade, recursos e confiabilidade, para uma ampla variedade de aplicações e diferentes perfis de potência. O *Ultra Low Power Solution* ESP32 é projetado para eletrônicos móveis e portáteis e aplicativos da IOT. Esta placa possui muitos recursos dos chips de baixa potência de última geração, incluindo controle de *clock* de resolução fina, modos de energia e escala de potência dinâmica. Sendo assim, o ESP32, por meio de um programa desenvolvido em linguagem C, possibilita comunicação com sensores de corrente, tensão e internet (MAESTRELLI *et al.*, 2018).

Na Figura 3 é possível visualizar a ação do protótipo baseado na IOT, por meio do qual o ESP32, devidamente programado, juntamente com o microfone calibrado, realiza a captura do alarme do ventilador mecânico e encaminha uma mensagem de alerta, em tempo real, para o *smartphone* do fisioterapeuta, com a utilização da rede Wi-Fi.

Figura 3- Esquema gráfico do protótipo



Fonte: do autor, 2020.

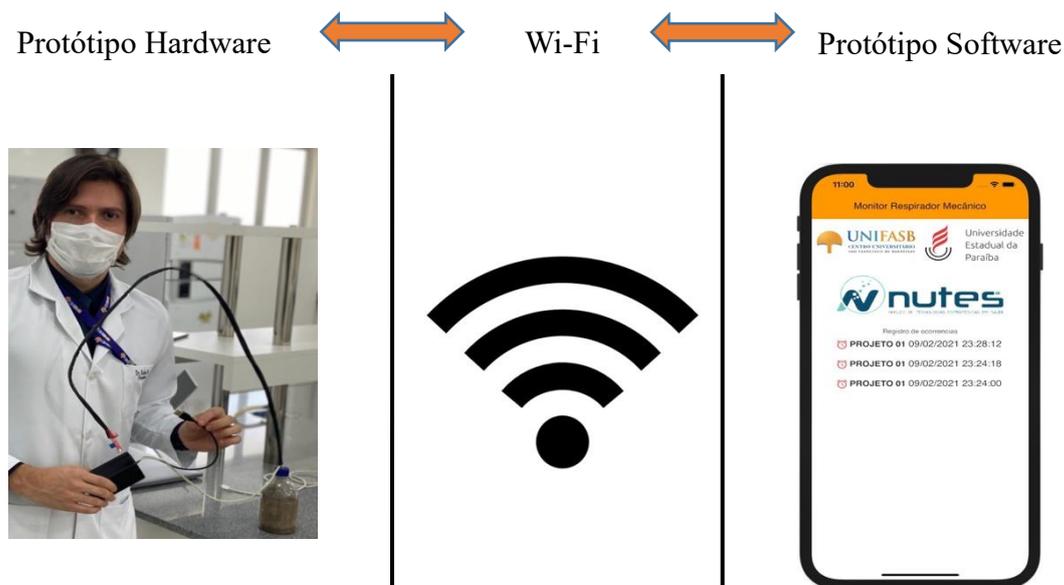
Embora a IOT esteja presente nas diversas áreas da vida cotidiana, deve-se ressaltar que, na área da saúde, passa por alguns desafios, tais como: dados de interoperabilidade; consistência dos dados do dispositivo e sua precisão; privacidade de dados; falta de segurança dos protocolos; a duração da bateria; restrições e interferência de sinal de comunicação, no entanto, encontra-se em constante evolução e aperfeiçoamento (ZEADALLY; BELLO, 2019).

Os principais benefícios desse sistema altamente conectado são: engajamento do paciente e gestão de cuidados; possibilidade de dados em tempo real; os resultados dos tratamentos elevados; resposta rápida com significativa importância para emergências e redução dos custos (PRAMANIK, 2019).

Para simplificar sua aplicabilidade, a maioria da captura de informação é realizada por *smartphones*. Além disso, os dispositivos móveis permitem monitoração remota, em tempo real, da transmissão de dados médicos dos pacientes para os profissionais de saúde, os quais realizam a análise contínua da condição dos pacientes (ZEADALLY; BELLO, 2019).

Diante da definição e das colocações aqui citadas sobre a internet das coisas, é inquestionável que o protótipo proposto foi desenvolvido com o objetivo de capturar em tempo real a ação do alarme do ventilador mecânico e enviar as informações capturadas para o *smartphone* do fisioterapeuta, visando ao estabelecimento do fluxo de comunicação com seu funcionamento (Figura 4) e a contribuição para segurança do paciente.

Figura 4- Fluxo de funcionamento



Fonte: do autor, 2020.

Os profissionais da saúde com acesso a dispositivos móveis acoplados a protótipos no ambiente hospitalar possuem facilidade no acesso direto ao sistema, que tem a capacidade de acessar, coletar, documentar e monitorar as informações e o paciente no leito, acompanhando assim, as necessidades de cada um. Além disso, favorece a produtividade da assistência dos profissionais aos pacientes e reduz o tempo na coleta de informações sobre eles (REZENDE *et al.*, 2016).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 TIPO DE PESQUISA

É um estudo do tipo qualitativo, com finalidade tecnológica, que visou à produção científica voltada para solução de problemas sociais modernos e, também, de natureza experimental, cujo mote principal é a atuação do pesquisador na causa específica, analisando suas mudanças e impactos no desfecho dos trabalhos efetuados (FONTALLES *et al.*, 2009).

4.2 PROTÓTIPO

4.2.1 ETAPA I

Nesta fase, o protótipo foi montado para realização dos testes e ajustes necessários em conjunto com a equipe multidisciplinar do laboratório do UNIFASB, composta pelo pesquisador e autor da pesquisa, um programador com formação Administração de Empresa com ênfase em Análise de Sistemas e técnico de laboratório com formação em Gestão de Tecnologia da Informação. Posteriormente, foi necessário fazer ajustes na programação da internet para que o sinal Wi-Fi funcionasse corretamente, pois a distância do alcance é determinada pela cobertura da rede de internet, para que o protótipo obtenha a finalidade de capturar o alarme do ventilador mecânico, simulado por uma gravação do ruído do alarme. Depois que o ruído foi disparado, simulando o ventilador mecânico, o protótipo conseguiu capturar e enviar uma mensagem em tempo real para o *smartphone* do fisioterapeuta.

4.2.1.1 Montagem física estrutural do protótipo

Para capturar o acionamento do alarme, o protótipo foi composto pelos itens da Tabela 1. O protótipo foi posicionado próximo a saída do alto-falante (simulado pela gravação do alarme do ventilador mecânico para realização dos testes), pois ele constituído por um microfone Ky-037 direcional e devidamente modulado para capturar somente o alarme em sua frente. Uma vez acionado o alarme, o protótipo capturou e, através da sua programação entre a Placa ESP32 (ANEXO V) e aplicativo instalado no *smartphone* do profissional, estabeleceu a comunicação inicial entre os dois equipamentos (ventilador mecânico/*smartphone*), trazendo a

informação para o fisioterapeuta de qual ventilador mecânico estava alarmando, em tempo real, uma vez que o protótipo pode acelerar essa identificação.

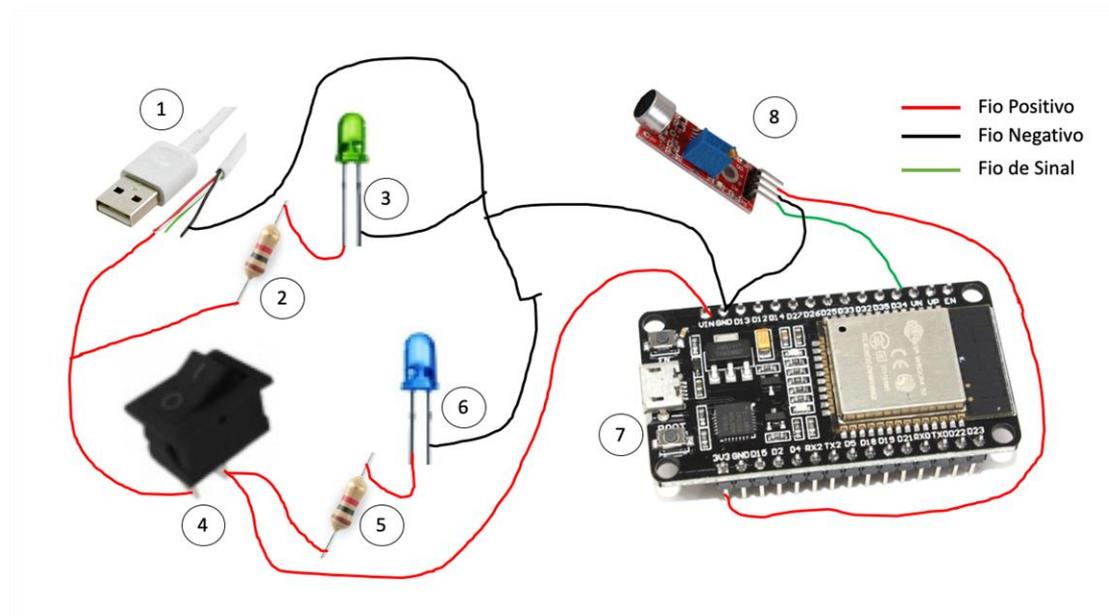
Tabela 1- Lista de componentes utilizados no protótipo

Descrição do Componente	Quantidade
ESP32	1
Ky-037	1
Leds	2
Placa de Circuito	1
Resistores de 1K	2
Fios Estéreo no Metro	2 metros
Plug Liga/Desliga	1
Plug P2 Macho e Fêmea	1
Fita Termo Retrátil no Metro	2 metros
Caixa Acrílica	1
Cabo USB/Micro USB	1

Fonte: do autor, 2020.

Na figura 5 é possível ter uma visão sistemática ilustrativa das ligações dos componentes do protótipo que foram listados na tabela 2.

Figura 5- Visão sistemática das ligações entre os componentes do protótipo



Fonte: do autor, 2020.

4.2.1.2 Explicações

- 01 – Conector USB. Por ele será fornecida a fonte de energia em 5v;
- 02 e 05 – Resistor 1K. Para baixar a tensão de $5v > 2,5v$ assim não sobrecarrega os LEDs;
- 03 – LED verde 3v para indicar que a fonte de energia se encontra ligado (LED indica que o equipamento está na tomada, mesmo o Plug estando na posição OFF);
- 04 – Plug On/OFF. Para ligar ou desligar o equipamento;
- 06 – LED azul 3v para indicar que o equipamento se encontra ligado (LED azul indica que o Plug está na posição On).
- 07 – ESP32. Microprocessador responsável ler a captação sonora, e gerar uma notificação ao sistema (*smartphone*);
- 08 – Microfone Ky-037. Capta o som do alarme do ventilador mecânico quando acionado e envia um sinal para o ESP32 que encaminha pela rede Wi-Fi para o App do *smartphone* devidamente configurado;

4.2.1.3 Aplicativo para *smartphone* e desenvolvimento do protótipo *hardware*

O aplicativo (*software*) tem como finalidade armazenar os dados relacionados com a captura do alarme do ventilador mecânico, informando tempo real e enviando um alerta de mensagem para o *smartphone* do fisioterapeuta. Assim, será possível gerar mais um mecanismo de segurança para o profissional e principalmente para o paciente. O aplicativo do protótipo foi desenvolvido utilizando *software* de programação para Arduino, que também serve de plataforma para programação da placa ESP32 que é utilizada neste estudo, como é possível visualizar na Figura 6.

Figura 6-Software utilizado para programação inicial do ESP32 – Código fonte

```

esp32 | Arduino 1.8.13

esp32 $

void loop() {
  int valor = analogRead(som); //LENDO O SINAL DO SHIELD KY-037

  digitalWrite( led, (valor >= notifica) ); //FAZENDO O LED PISCAR QUANDO HOVER INTENSIDADE MÍNIMA.

  if ( (valor >= notifica) ) { //VERIFICA SE SINAL FOI ACIMA DO MÍNIMO, SE SIM GERA NOTIFICAÇÃO.
    Serial.print( "Valor lido: " );
    Serial.println( valor );
    enviaNotificacao();
  }
}

void StartWifi(){
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  Serial.print("connecting");

  while ( WiFi.status() != WL_CONNECTED ) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
  }

  Serial.println();
  Serial.print("connected: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}

void enviaNotificacao(){
  Serial.println("Gerando Notificando...");
  Firebase.setInt("respmec/notificar", esp_random());
  Serial.println("Notificando com sucesso!");
}

void loop() {
  int valor = analogRead(som); //LENDO O SINAL DO SHIELD KY-037

  digitalWrite( led, (valor >= notifica) ); //FAZENDO O LED PISCAR QUANDO HOVER INTENSIDADE MÍNIMA.

  if ( (valor >= notifica) ) { //VERIFICA SE SINAL FOI ACIMA DO MÍNIMO, SE SIM GERA NOTIFICAÇÃO.
    Serial.print( "Valor lido: " );
    Serial.println( valor );
    enviaNotificacao();
  }
}

void StartWifi(){
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  Serial.print("connecting");

  while ( WiFi.status() != WL_CONNECTED ) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
  }

  Serial.println();
  Serial.print("connected: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}

void enviaNotificacao(){
  Serial.println("Gerando Notificando...");
  Firebase.setInt("respmec/notificar", esp_random());
  Serial.println("Notificando com sucesso!");
}

Salvo.

32 Arduino Uno

```

Fonte: da pesquisa, 2020.

Como o código fonte do protótipo foi escrito na IDE (*Integrated Development Environment*) do Arduino, onde registra um evento no Firebase do Google, plataforma que foi utilizada para disparar um evento por meio do Realtime Database. Com isso, foi possível que o aplicativo mobile fosse notificado pelo disparo do alarme do respirador mecânico. Para a conexão junto ao Firebase foi utilizada a biblioteca desenvolvida por IOXHOP disponível no github encontrado no link: https://github.com/ioxhop/IOXhop_FirebaseESP32, assim podendo acessar e escrever no Firebase Realtime Database.

Seu código é simples, de fácil desenvolvimento e explicação, uma vez que foi definida uma constante para armazenamento do ponto limite de geração de notificação, como o ky-037, que captura constantemente o disparo do alarme do ventilador mecânico e gera a notificação com acionamento do led azul na porta 2 do ESP32 para registro visual da operação.

Em seguida, o desenvolvimento para mobile implica a escolha de uma ou mais tecnologias para criar um *software* que atenda as demandas de um usuário ou empresa. Atualmente, há duas grandes empresas que dominam esse mercado de sistema operacional para dispositivo móvel: o Google com SO Android e a Apple com o IOS, cada uma com sua linguagem de programação e arquitetura, bem como a forma de disponibilização dos Apps (aplicativos) em suas plataformas de vendas. Para desenvolver apps pode-se optar pela seguinte forma: Nativo, Cross Copilado e Híbrida. (DEITEL et al., 2016).

Neste projeto foi escolhido o modo Cross Copilado, com utilização da plataforma de software Flutter.dev, pois com um único código é possível atingir ambas as plataformas alvo (Android e a IOS), para gerar um App nativo (Figura 7).

Figura 7- Fluxo da notificação para plataforma escolhida



Fonte: da pesquisa, 2020.

Nativo usa as IDE's oficial de cada sistema, como por exemplo, para o Sistema Android, temos o Android Studio, que usa o Java ou Kotlin como linguagem de programação. Já no IOS, da Apple, usa-se do Xcode para desenvolver seus códigos na linguagem SWIFT ou Objective-C. (SIMAS et al., 2019).

Cross Copilado utiliza uma IDE que, normalmente, desenvolve-se um único código de programação e, ao solicitar a geração do App, é feita uma interpretação dele para o sistema operacional escolhido. Atualmente uma das linguagens que vem ganhando força é o Flutter.dev, que, além de gratuita, é mantida pela Google e tem sua codificação baseada na linguagem Dart.dev. (SIMAS et al., 2019).

Nesse projeto, optou-se pela forma Cross compilado com Flutter.dev, exatamente para manter um aplicativo nativo, direcionado para ambas as lojas virtuais: a Play Store e a Apple Store. É importante informar que tais lojas possuem um custo para lançar seus aplicativos.

Figura 8- Visualização do Código Fonte do App em Flutter.dev.

```

main.dart
Future onNotificacao(String texto) async {
  showDialog(
    context: context,
    builder: (_) => new AlertDialog(
      title: Text(msg_titulo_alerta),
      content: new Text(texto),
    ));
}

Future _showAlerta() async {
  var androidChannel = new AndroidNotificationDetails(
    channel_id: channel_nome, channel_descricao,
    importance: Importance.Max, priority: Priority.Max);

  var iOSChannel = new IOSNotificationDetails();

  var plataforma = new NotificationDetails(androidChannel, iOSChannel);

  await flutterLocalNotificationsPlugin.show(
    0, msg_titulo_notificacao, msg_avisos_notificacao, plataforma,
    payload: msg_ocorrencia);
}

@override
Widget build(BuildContext context) {
  return Scaffold(
    appBar: AppBar(
      centerTitle: true,
      title: Text('Monitor Respiador Mecânico'),
    ),
    body: Column(
      children: <Widget>[
        Container(
          child: getTitulo(),
        ),
        // RaisedButton(
        //   child: Text("testa"),
        //   onPressed: () {

```

Fonte: da pesquisa, 2020.

Na figura 8, pode-se visualizar parte do código fonte do protótipo, o app de monitoramento do acionamento do alarme do ventilador mecânico. Por meio do resultado final da compilação realizada com o aplicativo Flutter.dev, foi possível realizar os testes do protótipo no laboratório do UNIFASB para que o dispositivo pudesse enviar uma notificação para o *smartphone* com acionamento do alarme do ventilador mecânico simulado.

4.2.2 ETAPA II

4.2.2.1 LOCAL DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada em um laboratório para estudos e simulações, do Centro Universitário São Francisco de Barreiras (UNIFASB).

4.2.2.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO AMOSTRAL

Após o sucesso dos testes relacionados ao objetivo do protótipo foi, então, produzido um vídeo explicativo, utilizado juntamente à aplicação de um questionário online (APÊNDICE I), por meio da ferramenta Google Forms e através do link: https://docs.google.com/forms/d/1K3sVB_hih0N0ETOyUatx3stUMczTSH4_oWthTTqXHys/prefill, devido à pandemia do SARS-COV-2 (Novo Corona Vírus), aos fisioterapeutas intensivistas escolhidos por conveniência, a quem foi enviado junto com o link o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) (ANEXO I). A aceitação do participante foi estabelecida quando o participante clicava em “*Aceito participar do estudo*”.

Adotou-se, como critérios de inclusão, fisioterapeutas, que trabalham em Unidades de Terapia Intensiva ou setores de Emergência e Urgência que aceitaram participar do estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ANEXO I).

Foram excluídos do estudo fisioterapeutas que trabalham em outros setores do hospital.

4.3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Para realizar o teste do protótipo, foram necessários ajustes na programação da internet para o funcionamento adequado do sinal Wi-Fi, visando ao alcance do objetivo de captura do alarme do ventilador mecânico, simulado por uma gravação do barulho do alarme. Após o disparo do barulho, simulando o ventilador mecânico, o protótipo conseguiu capturar e enviar uma mensagem em tempo real para o *smartphone* do fisioterapeuta.

Seguido à realização dos testes com o protótipo, foi produzido um vídeo explicativo, que foi enviado aos profissionais envolvidos na pesquisa (fisioterapeutas) juntamente ao TCLE (ANEXO I) e ao link para resolução do questionário (APÊNDICE I), na etapa II do estudo, através da ferramenta Google Forms, em função da pandemia do SARS-COV-2 (Novo Corona Vírus). Ao ler o termo e clicar em “*aceito participar do estudo*”, o aceite do participante foi estabelecido.

4.3.1 AMBIENTE

Todo o processo de montagem do protótipo foi realizado no laboratório do UNIFASB, no período vespertino, sendo observado os seguintes parâmetros:

- Encontro da equipe multidisciplinar composta pelo fisioterapeuta pesquisador, o programador com formação em Gestão da Tecnologia da Informação e o técnico do laboratório;
- A sala estava devidamente climatizada (20°C) durante todo o processo de montagem, testes e ajustes;
- Foi configurada a rede Wi-Fi do UNIFASB pois a distância do alcance é determinada pela cobertura da rede de internet;
- Na realização da etapa II, com aplicação do questionário, fez-se necessário o uso do ambiente virtual, com envio de vídeo explicativo e as questões avaliadas pelo link: https://docs.google.com/forms/d/1K3sVB_hih0N0ETOyUatx3stUMczTSH4_oWthTTqXHys/prefill para os fisioterapeutas.

4.4 ASPECTOS ÉTICOS

Dado que os sujeitos do estudo são seres humanos, obedecemos ao previsto na Resolução 466/12 do Ministério da Saúde do Brasil, que informa sobre os aspectos éticos em pesquisas envolvendo seres humanos, submetendo-o à análise e julgamento do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro Universitário São Francisco de Barreiras – UNIFASB/BA, reconhecido pelo Conselho Nacional de Pesquisa com Seres Humanos (CONEP). O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Centro Universitário São Francisco de Barreiras (CAAE nº 35649520.1.0000.5026) (ANEXO III).

Após a apreciação e a anuência desses órgãos foi iniciada a coleta de dados. Os participantes do estudo foram esclarecidos quanto aos objetivos da pesquisa e receberam o TCLE, para o consentimento e assinatura. O pesquisador esclareceu aos sujeitos da pesquisa o objetivo do estudo e verificou o interesse na participação da coleta de dados, garantido aos entrevistados o sigilo das informações, a voluntariedade na participação e a possibilidade de interrupção da entrevista/pesquisa a qualquer momento, sem penalidades e prejuízos.

4.5 ANÁLISE DE DADOS

Para as análises estatísticas dos dados foi utilizado o software Microsoft Office Excel 2016. Os dados são apresentados de forma descritiva (média, desvio padrão e frequência absoluta).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente estudo objetivou avaliar a efetividade de um protótipo que possa capturar, em tempo real, a ação dos alarmes dos ventiladores mecânicos e enviar esta notificação para o dispositivo móvel do fisioterapeuta, auxiliando seu trabalho. Para verificação do protótipo foi realizada uma simulação de funcionamento deste em um laboratório do UNIFASB, conforme ilustra a Figura 9. A realização da simulação mostrou a funcionabilidade do protótipo.

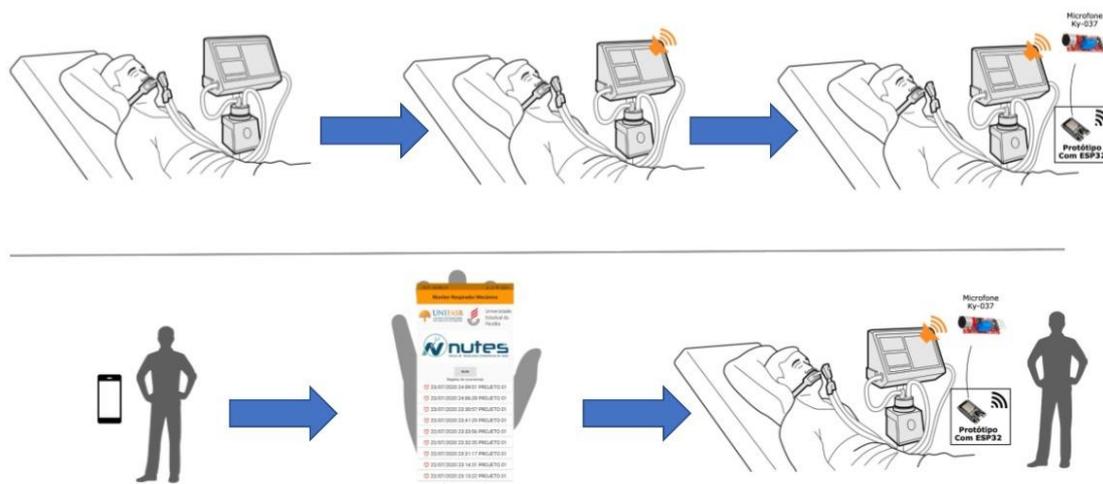
Figura 9- Simulação do funcionamento do protótipo realizado no laboratório do UNIFASB



Fonte: do autor, 2020.

Em seguida, foi produzido um vídeo demonstrativo com a simulação de funcionamento do protótipo (Figura 10) e este foi enviado aos sujeitos da pesquisa. Em função da pandemia do Novo Corona Vírus, a presente pesquisa limitou-se a apenas fazer a demonstração em vídeo do funcionamento do protótipo e não a aplicação em ambiente hospitalar, como estava inicialmente previsto.

Na Figura 10, inicialmente, visualiza-se o paciente no leito com necessidade de suporte ventilatório. Com o disparo do alarme, o protótipo identifica e envia uma notificação para o *smartphone* do fisioterapeuta, informando em tempo real qual ventilador mecânico alarmou.

Figura 10- Imagens utilizadas no vídeo explicativo

Fonte: do autor 2020.

A amostra da presente pesquisa foi questionada, após a visualização do vídeo, a respeito da efetividade e aplicabilidade do protótipo, entre outras informações. As respostas serão apresentadas a seguir.

Participaram do presente estudo 10 fisioterapeutas atuantes em UTI escolhidos por conveniência, sendo cinco do sexo feminino e cinco do masculino, com idade média de 30,1 ($\pm 4,3$) anos, variando de 23 a 37 anos. Em relação ao tempo de trabalho na UTI, notou-se que $\frac{1}{2}$ dos participantes trabalhavam de 1 a 5 anos, e todos já atuaram também em setores de urgência e emergência. Em relação ao turno de trabalho, $\frac{1}{2}$ trabalhavam no período noturno e outros $\frac{1}{2}$ no período diurno. Todos os profissionais já tiveram contato com o ventilador mecânico e sentem-se seguros para seu manuseio, sendo que a ($\frac{1}{2}$) afirmaram ter experiência de trabalho com uso de ventilador mecânico de 1 a 5 anos (Tabela 2).

Tabela 2- Características dos participantes

Características	n (fração)
Idade	
20 a 30 anos	5 ($\frac{1}{2}$)
31 a 40 anos	5 ($\frac{1}{2}$)
Sexo	
Feminino	5 ($\frac{1}{2}$)
Masculino	5 ($\frac{1}{2}$)
Tempo de trabalho	
Até 1 ano	1 (1/10)

1-5 anos	5 (½)
6-10 anos	3 (3/10)
> 10 anos	1 (1/10)
Turno	
Diurno	5 (½)
Noturno	5 (½)
Contato com ventilador mecânico	
Sim	10 (1)
Não	0
Segurança ao manusear o ventilador mecânico	
Sim	10 (1)
Não	0
Tempo de manuseio do ventilador mecânico	
Até 1 ano	1 (1/10)
1-5 anos	5 (½)
6-10 anos	3 (3/10)
> 10 anos	1 (1/10)
Atuação nos setores de urgência ou emergência	
Sim	10 (1)
Não	0

Fonte: Dados da Pesquisa, 2020.

Após a análise dos dados, notou-se que estes ratificam a tese de Andolhe e Padilha (2012), a qual afirma que a experiência profissional é um fator crucial em uma equipe que trabalha nos cuidados ao paciente crítico na qual a vigilância deve ser constante e demanda cuidados diferenciados, uma vez que os pacientes atendidos nas UTIs detêm de características comuns como altos escores de gravidade, elevadas chances de mortalidade, utilização de equipamentos e artefatos terapêuticos complexos e contínuos.

Da mesma forma que, para Santos *et al.* (2013), profissionais mais experientes apresentam melhor preparação para a criação de estratégias resolutivas mais rápidas dentro das UTI's, uma vez que estes possuem em seu histórico profissional um grande leque de situações cotidianas vividas, que envolvem a assistência e os cuidados de enfermagem prestados a pacientes críticos em unidades de cuidados intensivos, tendo a oportunidade de intervir em tais situações.

No que concerne às características da relação entre os fisioterapeutas e o ventilador mecânico na UTI, todos os profissionais alegaram segurança para aplicação de protocolos respiratórios no ventilador e confortáveis para acompanhamento dos leitos. Quando

questionados sobre o seu nível de conhecimento profissional, 3/10 consideraram muito bom e 4/10 como bom, todavia todos relataram compreender as informações fornecidas pelo ventilador mecânico e se sentem aptos para tomada de decisões. Além disso, 9/10 dos fisioterapeutas declararam estar satisfeitos com a quantidade de ventiladores disponíveis na unidade onde trabalham (Tabela 3).

Tabela 3- Características acerca do domínio da ventilação mecânica

Características acerca do domínio da ventilação mecânica	n (fração)
Se sente seguro em aplicar protocolos respiratórios no ventilador mecânico?	
Sim	9 (9/10)
Não	1 (1/10)
Se sente confortável no acompanhamento de leitos?	
Sim	9 (9/10)
Não	1 (1/10)
Como considera o seu nível de conhecimento acerca da ventilação mecânica?	
Excelente	0
Muito Bom	3 (3/10)
Bom	4 (2/5)
Regular	3 (3/10)
Ruim	0
Nenhum	0
Compreende as informações do ventilador mecânico e se sente apto a tomar decisões?	
Sim	10 (1)
Não	0
Já recebeu treinamento sobre uso da ventilação mecânica na unidade?	
Sim	8 (4/5)
Não	2 (1/5)
Qual o nível do treinamento recebido?	
Excelente	0
Muito Bom	2 (1/5)
Bom	1 (1/10)
Regular	5 (½)
Ruim	0
Não recebeu treinamento	2 (1/5)

Está satisfeito com os ventiladores mecânicos da unidade?		9 (9/10)
Sim		1 (1/10)
Não		

Fonte: Dados da Pesquisa, 2020.

Contudo, Vasconcellos (2015) afirma que a experiência profissional na área hospitalar e principalmente no setor de UTI não é suficiente para qualificar o profissional em sua totalidade. Para tal, é necessário, também, que os profissionais admitidos recebam treinamentos e/ou atualizações periodicamente pela instituição, o que foi confirmado pela Tabela 3 ao mostrar, referente ao recebimento de treinamento sobre VM (Ventilação Mecânica) na unidade, 4/5 receberam algum treinamento, sendo ele considerado regular pela metade destes. Dessa forma, a equipe terá mais autonomia para monitorar e controlar os equipamentos e pacientes, utilizando os recursos tecnológicos como aliados a prevenção, tratamento e prognóstico do doente. Além disso, através de interfaces mais intuitivas e conexões remotas, os pacientes se beneficiariam com menos erros médicos, melhores cuidados e mais eficiência em seus tratamentos.

Quando questionados sobre a importância dos alarmes do ventilador mecânico em ambiente de UTI, todos os indivíduos afirmaram ser estes fundamentais para a realização do trabalho do fisioterapeuta.

Segundo Passamani (2014), todos os ventiladores mecânicos possuem alarmes que, quando disparados, na maioria das vezes, alertam aos profissionais sobre modificações no sistema de ventilação mecânica ou alterações no quadro clínico do paciente, as quais carecem de respostas imediatas. Os alarmes foram tidos como fundamentais pelos profissionais de saúde questionados por possuírem a capacidade de informar alterações na pressão de vias aéreas, volume de ar, fração inspirada de oxigênio (FiO₂), frequência respiratória (FR) e ventilador não operante, sendo ajustados conforme a individualidade e necessidade de cada paciente, e a determinação das causas fundamentais para uma assistência ventilatória de qualidade, garantindo a segurança do paciente. O protótipo analisado pode tornar-se parte integrante dos alarmes, sendo um ponto de partida para estabelecer a IOT entre ventiladores mecânicos e *smartphones*.

Todavia, para alguns profissionais da equipe de saúde, os alarmes são tidos como dispensáveis e causadores de aborrecimento, pois há uma elevada ocorrência de falsos positivos, ou seja, sem relevância, uma vez que nem todos os alarmes disparados requerem

uma ação, podendo ser silenciados ou até mesmo ignorados (OLIVEIRA *et al.*, 2018). O protótipo estudado reforça a importância da existência e funcionamento adequado dos alarmes dos ventiladores mecânicos, já que a sua ação depende dos alarmes ligados e devidamente programados.

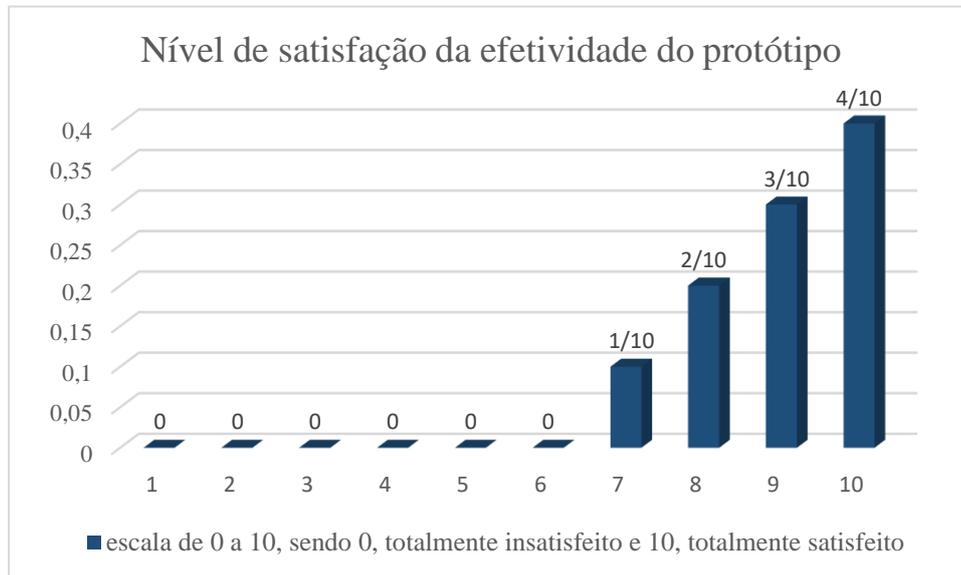
Isso posto, Korniewicz, Clark e David (2008) constataram que muitos entrevistados identificaram os alarmes na unidade de terapia intensiva como um aborrecimento e algo problemático, evidenciando que 77% dos entrevistados alegaram que a frequência dos alarmes prejudicava o atendimento dos pacientes e 78% declararam que a regularidade dos alarmes reduzia a confiança de sua fidedignidade fazendo com que a equipe os desabilitasse.

Além do incômodo relatado pelos entrevistados, Mojdeh *et al.* (2011) afirmaram que os alarmes do ventilador ainda podem ser confundidos e perdidos devido os outros sons concorrentes e habituais na UTI, como alarmes de bomba intravenosa, do sistema de alimentação e do monitor fisiológico, podendo resultar, em alguns casos, em danos permanentes ao paciente ou morte (BRIDI; LOURO; SILVA, 2014). O protótipo em questão, com o ajuste da sensibilidade do microfone Ky-037 diminuído e seu posicionamento logo próximo ao autofalante do ventilador mecânico, faz o reconhecimento do alarme dele, evitando a possibilidade de capturar o barulho do alarme de outros equipamentos na ambiência de UTI.

Em outro estudo, realizado por Passamani (2014), foi proeminente que nas Unidades de Cuidados Intensivos (UCI) são encontrados ambientes em que existem numerosas fontes geradoras de ruído, tais como aspiradores, monitores, ventiladores mecânicos, computadores, impressoras, fontes de oxigênio e ar comprimido, entre outros, ocasionando assim, níveis elevados de pressão sonora que podem causar o estresse citado, além de alterações psicológicas e alterações no sono. Segundo Graham e Cvach (2012) e Scott *et al.* (2019) quando os integrantes da equipe de saúde são submetidos a essa situação, há uma redução do estado de alerta e no sentido de urgência deles, resultando em ausência de resposta a alarmes relevantes. Diante disso, espera-se que o protótipo estudado possa contribuir para identificação mais rápida de qual ventilador mecânico está a alarmar, funcionando como mais um instrumento de monitoramento do paciente à disposição do fisioterapeuta.

O Gráfico 1 exibe o nível de satisfação acerca da efetividade do protótipo na comunicação entre o ventilador mecânico e o *smartphone* para informar ao fisioterapeuta qual o ventilador alarmado. De acordo com os resultados, pode-se observar que todos os indivíduos afirmaram estar satisfeitos com o protótipo.

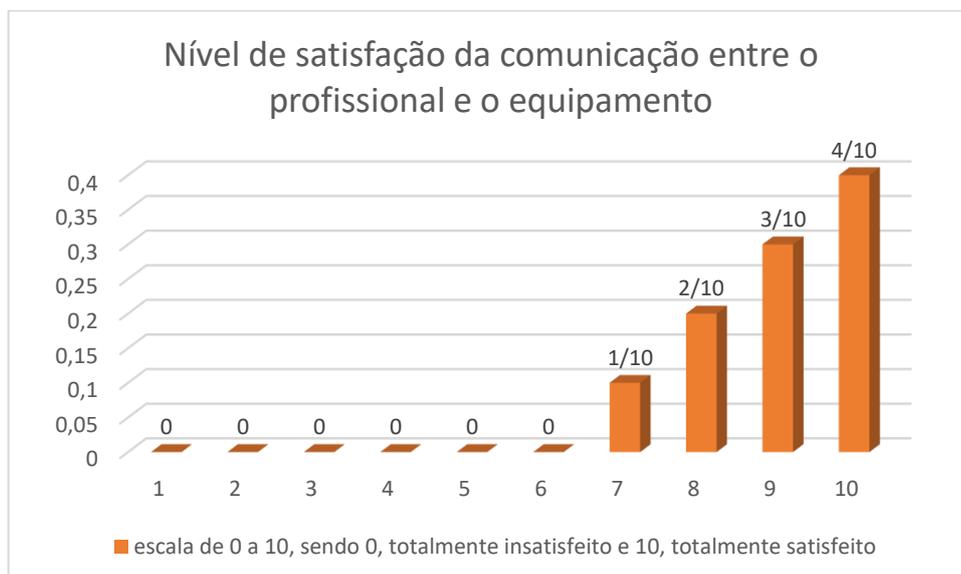
Gráfico 1- Nível de satisfação do protótipo na comunicação entre o ventilador mecânico e o *smartphone*



Fonte: Dados da Pesquisa, 2020.

O Gráfico 2 apresenta a frequência relativa de cada pontuação obtida de acordo ao nível de satisfação relacionada à facilidade na comunicação existente entre o profissional e o equipamento com intuito de viabilizar maior agilidade e efetividade para o tratamento dentro da UTI.

Gráfico 2- Nível de satisfação na comunicação entre o profissional e o equipamento



Fonte: Dados da Pesquisa, 2020.

Através dos resultados do Gráfico 3, percebe-se que houve grande satisfação por parte dos fisioterapeutas avaliados uma vez que todos atribuíram notas variando de 7 a 10 pontos a qualidade e eficácia da comunicação entre o profissional e o protótipo, sugerindo dessa forma a aplicabilidade do protótipo da presente pesquisa em ambiente de UTI.

Segundo Brasil (2013) o uso de equipamentos e sistemas médicos com interfaces computacionais e tecnológicas precisa ser analisado em determinadas situações, uma vez que a usabilidade do produto deve ser avaliada principalmente pelos usuários e a sua eficiência deve ser compreendida como uma característica do fator humano relacionada à facilidade de uso, sua efetividade, eficiência e satisfação do usuário, devendo ser considerada desde o início do desenvolvimento do produto. A partir dessa declaração decidiu-se realizar a etapa II da pesquisa com aqueles que utilizarão o protótipo idealizado: os fisioterapeutas intensivistas.

Sob esse ponto de vista, o uso do protótipo como *m-Health (mobile health)*, sendo estratégia essencial no incentivo do raciocínio clínico e tomada de decisão, conseqüentemente, propicia o desenvolvimento de práticas de maior segurança, assim como o protótipo do estudo que colabora como um possível instrumento de monitorização do acionamento dos alarmes dos ventiladores mecânicos, sendo uma possível tecnologia à serviço da equipe de profissionais e à saúde do paciente (ROCHA *et al.*, 2016; TIBES; DIAS; ZEM-MASCARENHAS, 2014; SOUZA, 2018).

O protótipo montado neste estudo surge como uma medida benéfica para reconhecimento do ventilador alarmado na UTI e a possível solução desses problemas, uma vez que, de acordo com a avaliação do protótipo, foi constatado um ótimo nível de satisfação acerca da efetividade desse na comunicação entre o ventilador mecânico e o *smartphone* para informar o fisioterapeuta qual o ventilador alarmado e da facilidade na comunicação existente entre o profissional e o equipamento, com intuito de viabilizar maior agilidade e efetividade para o tratamento dentro da UTI (Gráfico 2).

De acordo com Stokes, Manzoor e Cvash (2017), que evidenciaram a importância da integração e comunicação de alarmes usando dispositivos sem fio (como o apresentado no estudo) para monitoramento dos pacientes com o aprimoramento do gerenciamento de alarmes, haja vista que o enfoque desses profissionais também está nesses alarmes específicos. Dessa forma, o aviso direto transmitido do dispositivo para o *smartphone* do fisioterapeuta tornaria mais simples a identificação dos alarmes do ventilador em meio aos alarmes de outros dispositivos médicos.

Além disso, Vasconcelos (2015) acrescentou que a tecnologia de um equipamento deve colaborar com o usuário e não trazer dificuldades e dúvidas na assistência ao paciente. Esses pontos de dificuldades podem afastar o usuário da interface ou então induzi-lo a erros. Sendo assim, através de interfaces mais intuitivas e conexões remotas, protótipo da pesquisa atribuiria aos pacientes maiores benefícios, menos erros médicos, melhores cuidados e mais eficiência em seus tratamentos.

6 CONCLUSÃO

Os ventiladores mecânicos são essenciais no ambiente de UTI, uma vez que mantêm a vitalidade dos enfermos com insuficiência respiratória. Todos os ventiladores mecânicos possuem alarmes que buscam alertar a equipe multidisciplinar e, principalmente, o fisioterapeuta sobre alterações no sistema de ventilação mecânica ou no quadro clínico do paciente. Porém, os alarmes apresentam facilidade em emitir falsos positivos, ou seja, alguns alarmes disparados não necessitam de intervenção, podendo ser silenciados ou ignorados.

A fim de diferenciar os alarmes do ventilador mecânico com outros sons presentes na UTI, classificar qual o tipo de alarme que está em disparo e prevenir possíveis agravos ao paciente, o presente estudo buscou avaliar a funcionalidade de um protótipo em capturar em tempo real a ação dos alarmes dos ventiladores mecânicos com um *smartphone*. Assim, foram desenvolvidos o protótipo e um aplicativo para dispositivos móveis Android e IOS conectados a uma rede de internet Wi-Fi, que estabelece a distância do alcance do sinal do protótipo em relação a captura do alarme do ventilador mecânico. Tal desenvolvimento foi possível com o apoio de uma equipe multidisciplinar, que contou com um programador, formado em GTI, na viabilização deste projeto para sua possível concretização e aprimoramento na etapa I. O protótipo montado, além de capturar a ação dos alarmes, notifica o fisioterapeuta pelo *smartphone*, o que contribui para monitoramento e consagra-se como mais um meio de segurança.

Dessa forma, os resultados obtidos no presente estudo evidenciaram que o protótipo apresentou efetividade no reconhecimento do alarme disparado, contribuindo na facilidade da comunicação entre o profissional e o equipamento de ventilação mecânica. Tais resultados, conferem maior agilidade na localização do problema, alarmado pelo ventilador, e na efetividade no tratamento dos pacientes hospitalizados, porém, ainda se faz necessária a continuidade do estudo e dos testes, futuramente, em unidades de tratamento intensivo reais, com pacientes monitorizados.

REFERÊNCIAS

ANDOLHE R., PADILHA K. G. Reflexões sobre carga de trabalho de enfermagem e segurança do paciente em Unidades de Terapia Intensiva. **AMIB. Associação de Medicina Intensiva Brasileira**, 2012. Disponível em: <http://www.amib.org.br/detalhe/noticia/reflexoes-sobre-carga-de-trabalho-de-enfermagem-e-seguranca-do-paciente-em-unidades-de-terapia-intensiva>. Acesso em 12 de agosto de 2020 às 23:06 h.

ANDRADE, G. R.: Aspectos históricos da ventilação mecânica: Revisão de literatura. **Sociedade Brasileira de Terapia Intensiva**. São Paulo, 2012. Disponível em: http://www.ibrati.org/sei/docs/tese_594.doc – Acessado dia 11/10/2019 às 13:45.

BARTLESON, K.: The Internet Of Things Is A Standards Thing. **Electronic Design**. 2014. Disponível em: https://cdn.baseplatform.io/files/base/ebm/electronicdesign/document/2019/03/electronicdesign_9998_0714standardsinsider.pdf – Acessado dia 06/02/2020 às 00:22.

BRASIL. Diretrizes metodológicas. Elaboração de estudos para avaliação de equipamentos médico-assistenciais. **Brasília: Ministério da Saúde, 2013**. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_metodologicas_elaboracao_estudos.pdf. Acesso em 12 de agosto 2020 às 14:36 h.

BRITO, R. L. L.: **Potencial da Internet das Coisas na Saúde, Educação e Segurança Pública no Brasil**. Recife – PE, 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC nº 7, de 24 de Fevereiro de 2010**. Dispõe sobre os requisitos mínimos para funcionamento de Unidades de Terapia Intensiva e dá outras providências. Brasília; 2010.

BRIDI, A. C.; LOURO, T. Q.; SILVA, R. C. L. Alarmes clínicos em terapia intensiva: implicações da fadiga de alarmes para a segurança do paciente. **Rev. Latino-Am. Enferm**, Ribeirão Preto, v. 22, n. 6, p. 1034-1040, Dec. 2014.

CVACH, M. Monitor Alarm Fatigue: an integrative review. **Biomedical Instrumental Technology**, E.U.A, v. 46, n. 4, p. 268 –277, Jul-Aug 2012. Disponível em: <http://www.aami-bit.org/doi/pdf/10.2345/0899-8205-46.4.268>. Acessado dia 18/06/2020 às 00:52.

DAQUINO, F. (2012, 02 23). Como as placas de circuito impresso são produzidas. **Retrieved from TecMundo**: <https://www.tecmundo.com.br/como-e-feito/18501-como-as-placas-de-circuito-impresso-sao-produzidas.htm>

DEITEL, P.; DEITEL, H.; WALD, A. Android 6 Para Programadores – Uma Abordagem Baseada em Aplicativos. **Bookman**, Porto Alegre, 3ª ed. 2016.

DHANVIJAY, M, M; PATIL, S. C.: Internet of Things: A Survey of Enabling Technologies in Healthcare and its Applications. **Computer Networks**. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2019.03.006>. – Acessado dia 15/10/2019 às 12:00.

DRÄGER, S.: Dräger: Uma Decisão Com Um Futuro. / Agosto 2015. Disponível em: https://www.draeger.com/Library/Content/press%20release_hist%C3%B3rico%20draeger.pdf – Acessado dia 18/09/2019 às 14:21.

DRAKE, R. L.; VOGL, A.W.; MITCHELL, A. W. M.: Anatomia Clínica Para Estudantes – GRAY's. 3ª edição. **Editora ELSEVIER**. p. 124. Rio de Janeiro – RJ, 2015.

ESPRESSIF. Placas eletrônicas de desenvolvimento 2018a. Disponível em: <https://www.espressif.com/en/products/hardware/development-boards> – Acessado dia 01/12/2019 às 00:08.

FIORETTO, J. R.; REBELLO, C. M.: Ventilação Oscilatória de Alta Frequência em Pediatria e Neonatologia. **High-Frequency Oscillatory Ventilation In Pediatrics And Neonatology** – Artigo de Revisão. São Paulo – SP. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbti/v21n1/v21n1a14.pdf> – Acessado dia 14/10/2019 às 22:10.

FONTELA, P. C., et al. Ventilação mecânica variável. **Revista Brasileira Terapia Intensiva**, v. 29, n. 1, p. 77-86, 2017.

GE HEALTHCARE.: Engström Carestation – **Manual de Referência do Utilizador – Versão de Software 4.X – M1073144**, 2018. https://mahospitalar.com.br/site/wp-content/uploads/2018/08/downma_LSS_Ventiladores_Engstrom_Manual_do_usuario.pdf – Acessado dia 08/10/2019 às 13:51.

JUNIOR, C, T; CARVALHO, C, R, R.: Ventiladores Mecânicos. III Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica. **J. Bras. Pneumo.** 2007. <https://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v33s2/a03v33s2.pdf> – Acessado dia 16/09/2019 às 00:17.

KAMINSKI, C. P.; SILVA, G. C.: Selection Of Virtual And Physical Prototypes In The Product Development Process. Int J Adv Manuf Technol. **Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do ABC (UFABC)**, Springer-Verlag London, São Paulo – SP, 2015. 762-2 <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-015-7> – Acessado dia 23/04/2020 às 00:11min.

KORNIWICZ, D. M.; CLARK, T.; DAVID, Y. A national online survey on the effectiveness of clinical alarms. **Am J. Crit Care**, v. 17, n.1, p.36-41, 2008.

MAESTRELLI, G. A.; NAPOLEAO, G. S.: Sistema Supervisório Para Monitoramento De Energia Elétrica Residencial. 94f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. Curitiba, 2018. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11888/1/CT_COELE_2018_1_14.pdf – Acessado dia 01/12/2019 às 00:07

MAGRANI, E. A Internet das Coisas. 1ª edição, **FGV Editora**, Rio de Janeiro – RJ, 2018.

MAGRANI, E.: A Internet das Coisas no Brasil: Estado da arte e reflexões críticas ao fenômeno. Artigo estratégico 37; novembro de 2018; **instituto igarapé**. <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/23898/A%20internet%20das%20coisas.pdf?sequence=1&isAllowed=y> – Acessado dia 09/10/2019 às 02:31.

MASSOLA, S. C; PINTO, G. S. O Uso Da Internet Das Coisas (Iot) A Favor Da Saúde. **Interface Tecnológica**. DOI: 10.31510/infa.v15i2.515. 2018. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/515> – Acessado dia 04/02/2020 às 14:00.

MELO, A. S.; ALMEIDA, R. M, S.; OLIVEIRA, C. D. A Mecânica Da Ventilação Mecânica. **Rev. Med.**, Minas Gerais, v.24, n. 8, p. 43-48, 2014.

MOJDEH S. et al. Designing the Vocal Alarm and improving medical ventilator. **Iran J. Nurs Midwifery Res**, v.16, n.1, p. 26-33, 2011.

MOREIRA, A.C.A, et al. Software development for nursing care: integrative review. **Rev. Enferm UFPE**. [Internet], 10(supl.6):4942-50, 2016.

NEUBECK, L. et al. Development of an integrated e-health tool for people with, or at high risk of, cardiovascular disease: the vonsumer navigation of electronic cardiovascular tools (CONNECT) web application. **Intern. J. of Med. Inform**, v. 96, p. 24–37, 2016.

OLIVEIRA, A. E. C. et al. Alarm fatigue and the implications for patient safety. **Rev. Bras. Enferm**, v. 71, n. 6, p. 3035-40, 2018.

PHAM T.; BROCHARD. L. J.: SLUTSKY A, J.: **Mechanical Ventilation: State of the Art - Mayo Clin Proc.** n September 2017;92(9):1382-1400 n [https://www.mayoclinicproceedings.org/article/S0025-6196\(17\)30324-5/pdf](https://www.mayoclinicproceedings.org/article/S0025-6196(17)30324-5/pdf) - Acessado dia 21/09/2019 às 22:30.

PRAMANIK, P. K. D.; et al. Internet of things, smart sensors, and pervasive systems: Enabling connected and pervasive healthcare. **Healthcare Data Analytics and Management**. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815368-0.00001-4>. – Acessado dia 18/10/2019 às 22:30.

REZENDE, L.C.M; SANTOS, S.R; MEDEIROS, A. L. Avaliação de um protótipo para Sistematização da Assistência de Enfermagem em dispositivo móvel. **Rev. Latin-Am. Enferm**, 24:e2714, 2016.

ROCHA, T. A. H. et al. Saúde Móvel: novas perspectivas para a oferta de serviços em saúde. **Epidemiol. Serv. Saúde**, v. 25, n.1, p.159-170, jan-mar, 2016.

RODRIGUES, R. G.: *Smartphones E Suas Tecnologias*. **TCC apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo**. São Carlos – São Paulo, 2009.

SANTOS, F. O tempo estímulo-resposta na predisposição a fadiga de alarmes de ventiladores mecânicos: implicações para a segurança do paciente. **Dissertação (Mestrado em Enfermagem) –Rio de Janeiro**. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.unirio.br/ppgenf/dissertacoes/dissertacoes-ppgenf-unirio-ano-2013/dissertacao-fabricio-dos-santos>. Acesso em 15 de agosto de 2020 às 14:30 hs.

SARMENTO, G. J. V.: *Fisioterapia Respiratória No Paciente Crítico – Rotinas Clínicas*. 3ª edição. **Editora Manole**. Baurer – São Paulo. 2010.

SILVA, A. R.: Modelagem e controle de um dispositivo de ventilação mecânica pulmonar. 2011. 146p. **Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3139/tde-03052012-121527/pt-br.php> – *Acessado dia 07/10/2019 às 00:10.*

SIMAS, V.L.; BORGUES, T.O.; COUTO, J.M.C.; SANTOS, F.G.; SILVA, F.M.; REIS, F.A.; SANTOS, J.C.; CARVALHO, S.A.L. **Desenvolvimento Para Dispositivos Móveis**. SAGAH, Porto Alegre, v. 2, p. 37-43, 2019.

STOKES, J.E.; MANZOOR, S. H.; CVASH, M. M. **Ventilator Alarms: Challenges and Opportunities for Improvement**. Biomed Instrum Technol, v. 51, n.15, p.390-397, 2017.

SOUZA, S. Piccped®: Construção de um aplicativo móvel para segurança do paciente pediátrico na manutenção do cateter central de inserção periférica. **Dissertação (Pós-Graduação em Enfermagem)**- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

TOUFEN JUNIOR, C.; CARVALHO, C.R.R. Ventiladores mecânicos. **J. Bras. pneumo**, São Paulo, v. 33, supl. 2, pág. 71-91, julho de 2007.

UECHI, C. A. S.: Confiabilidade Metrológica De Ventiladores Pulmonares Para Cuidados Críticos. **Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Biomédica. UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA FGA - FACULDADE DO GAMA**. Brasília -DF, 2012. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/11730/1/2012_CristinaAkemiShimodaUech.pdf. – *Acessado dia 23/04/2020 às 22:10.*

URIBE, J. R. L.: Desempenho De Ventiladores Mecânicos Em Centros De Tratamento Intensivo: Considerações Metrológicas. **Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação de Engenharia – COPPE – UFRJ**. Rio de Janeiro – RJ, 2011. Disponível em: http://www.peb.ufrj.br/teses/Tese0149_2011_10_11.pdf – *Acessado dia 23/04/2020 às 22:20.*

VASCONCELLOS, Lais Gialluise e. Avaliação da usabilidade situada de bombas de infusão em uma unidade de cuidados intensivos. **Dissertação (Mestrado em Enfermagem) – Rio de Janeiro**. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro –UNIRIO, 2015. Disponível em: <http://www.unirio.br/ppgenf/dissertacoes/dissertacoes-ppgenf-unirio-ano-2015/dissertacao-lais-gialluise-e-vasconcellos>. Acesso em 15 de agosto de 2020 às 14:28 hs.

VIANA, R. A. P. P et al. Perfil do enfermeiro de terapia intensiva em diferentes regiões do Brasil. Texto contexto – **enferm. Florianópolis**, v. 23, n.1, Mar. 2014. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/tce/v23n1/pt_0104-0707-tce-23-01-00151.pdf. Acesso em: 15 de agosto de 2020 às 14:47 hs.

VOCÊ, E. Q. (2020, 05 14). Blindagem dos cabos: para que serve e quais são os tipos utilizados. **Retrieved from Energia que fala com você:** <https://www.energiaquefalacomvoce.com.br/2020/05/14/blindagem-dos-cabos-para-que-serve-e-quais-sao-os-tipos-utilizados/>

ZEADALLY, S; BELLO O.: Harnessing the power of Internet of Things based connectivity to improve healthcare. **Internet of Things**. July 5, 2019;14:56. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.10.0074> – *Acessado dia 18/10/2019 às 02:31.*

APÊNDICES

APÊNDICE I:

QUESTIONÁRIO ONLINE TEMA DA PESQUISA:

AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE PROTÓTIPO ADAPTATIVO PARA CAPTAÇÃO DO
ALARME DE VENTILADORES MECÂNICOS COM O *SMARTPHONE* DO
FISIOTERAPEUTA ATRAVÉS DO USO DE APLICATIVO.

1. Participante (iniciais do nome): _____
2. Idade: _____
3. Sexo: () Masculino () Feminino
4. Há quantos anos trabalha dentro de uma UTI (Unidade de Terapia Intensiva)?
() Até 1 ano () 1 a 5 anos () 6 a 10 anos () Mais de 10 anos
5. Turno de trabalho: () Diurno () Noturno
6. Dentro da UTI já houve contato com o ventilador mecânico? () Sim () Não
7. Na UTI se sente seguro ao manusear o ventilador mecânico? () Sim () Não
8. Há quantos anos manuseia o ventilador mecânico?
() Até 1 ano () 1 a 5 anos () 6 a 10 anos () Mais de 10 anos
9. Já trabalhou em setores relacionados à Urgência ou Emergência?
() Sim () Não
10. Quanto à disposição de protocolos respiratórios para utilização no ventilador mecânico, você detém de segurança suficiente quanto à manutenção?
() Sim () Não
11. Diante de um cenário de UTI, se sente confortável no acompanhamento de leitos, onde deve-se deter de uma atenção correta a cada paciente?
() Sim () Não

12. Que nível de conhecimento você considera ter em relação aos recursos da ventilação mecânica?

Excelente Muito Bom Bom Regular Ruim Nenhum

13. Você já recebeu algum treinamento para utilizar a ventilação mecânica disponível na unidade?

Sim Não

14. Caso tenha recebido treinamento, qual sua opinião sobre o tipo de treinamento recebido?

Excelente Muito Bom Bom Regular Ruim Não recebeu treinamento

15. Você é capaz de compreender as mensagens e informações fornecidas pelo ventilador mecânico, como os alarmes sonoros de modo que se sinta apto a tomar decisões?

Sim Não

16. Com relação aos alarmes do ventilador mecânico você considera que:

Eles interrompem a prestação de cuidados ao paciente

Eles têm configuração complicada

Eles estressam a equipe

Eles são fundamentais na unidade

17. Você está satisfeito com os ventiladores mecânicos disponíveis nessa unidade?

Sim Não

18. Em uma escala de 0 a 10, sendo 0, totalmente insatisfeito e 10, totalmente satisfeito, na sua opinião, qual o seria o nível de efetividade diante deste protótipo, do seu funcionamento e suas características de se estabelecer a comunicação entre o ventilador mecânico e o smartphone, para informar ao Fisioterapeuta qual dos ventiladores está alarmando? _____

19. Numa escala de 0 a 10, sendo 0, totalmente insatisfeito e 10, totalmente satisfeito, o quanto a utilização deste protótipo facilitaria a comunicação entre profissional e equipamento a fim de obter de uma maior rapidez e efetividade no tratamento dentro da UTI ? _____

ANEXOS

ANEXO I: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

PROTÓTIPO ADAPTATIVO PARA CAPTAÇÃO DO ALARME DE VENTILADORES MECÂNICOS COM O *SMARTPHONE* DO FISIOTERAPEUTA ATRAVÉS DO USO DE APLICATIVO.

Instituição dos pesquisadores: Universidade Estadual da Paraíba - UEPB

Professor(a) orientador(a)/Pesquisador responsável: Orientador: Profa. Dra. Giselda Félix Coutinho / Rafael Aguiar Faria.

Projeto aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade São Francisco de Barreiras/FASB, com o CAAE _____ em ___/___/___, telefone 3613-8840, e-mail cepfasb@fasb.edu.br.

Este documento que você está lendo contém explicações sobre o estudo que você está sendo convidado a participar. Antes de decidir se deseja participar (de livre e espontânea vontade) você deverá ler todo o conteúdo. Ao final, caso decida participar, você será solicitado a assiná-lo e receberá uma cópia do mesmo.

Em caso de dúvidas, a equipe deste estudo responderá às suas perguntas a qualquer momento (antes, durante e após o estudo).

Este estudo se justifica por:

A grande quantidade de tecnologias descobertas pela ciência moderna proporcionou reunir em aparelhos tipo *smartphone* dispositivos ou aplicativos, que incorporam funções de comunicação e processamento de dados em geral (RODRIGUES, 2009).

Cabe ressaltar que não foram encontrados estudos que relatam o desenvolvimento de dispositivos que permitem interações do ventilador mecânico com *smartphones* através de aplicativos, considerada assim uma possibilidade de aprimoramento, agilidade e maximização do tempo de abordagem em pacientes que forem retirados a sedação e estão em processo inicial de desmame ventilatório. Com este estudo, espera-se gerar um dispositivo com adaptação aos ventiladores mecânicos e que se comunique com o *smartphone* do fisioterapeuta, informando em tempo real alterações significativas de pressões quando ocorrer a retirada da sedação dos pacientes e poderá corresponder a um coeficiente de atendimento mais rápido em prol da evolução do paciente que se encontra em unidade de terapia intensiva. Cujos objetivos específicos são:

OBJETIVO PRIMÁRIO: Determinar a eficácia do protótipo que possa capturar em tempo real a ação dos alarmes dos ventiladores mecânicos com o *smartphone*.

OBJETIVOS SECUNDÁRIOS:

- Determinar o alcance do sinal do protótipo em distância;
- Contribuir para uma monitorização ventilatória de pacientes intubados ou traqueostomizados que se encontram em unidade de terapia intensiva e uso de ventiladores mecânicos;

- Buscar o apoio de uma equipe multidisciplinar e interdisciplinar na viabilização deste projeto para sua possível concretização e aprimoramento.
- Investigar, junto aos fisioterapeutas intensivistas, se um protótipo capaz de capturar o acionamento de alarmes dos ventiladores mecânicos podem contribuir para segurança e monitorização do paciente.

Sua participação é voluntária, não remunerada, e, caso queira se retirar em qualquer etapa da pesquisa não haverá nenhum dano ou prejuízo. Para tanto, necessitamos que responda ao instrumento em anexo.

A coleta dos dados será feita com aplicação do questionário para determinar a eficácia do protótipo que possa capturar em tempo real a ação dos alarmes dos ventiladores mecânicos com o *smartphone* pela visão do fisioterapeuta entrevistado.

Este estudo possui riscos como, riscos de ordem emocional:

- Constrangimento;
- Frustração.

Risco de ordem social:

- Sentir-se discriminado devido sexo, etnia ou orientação sexual.

Para minimizar os riscos de ordem emocional e social:

- A coleta de dados será realizada de forma individual;
- A mesma será restrita ao pesquisado e pesquisadores;
- Não será questionado sobre assuntos íntimos aos participantes.

Porém medidas preventivas/protetivas durante toda a pesquisa serão tomadas para minimizar qualquer risco ou incômodo. Os benefícios que a pesquisa poderá proporcionar ao participante são: Determinar a eficácia do protótipo que possa capturar em tempo real a ação dos alarmes dos ventiladores mecânicos com o *smartphone*; Iniciar discussão sobre a intercomunicação de equipamentos hospitalares com a internet das coisas e colaborar para segurança da profissional e principalmente do paciente.

Os seus dados serão manuseados somente pelos pesquisadores. O material com suas informações ficará guardado sob a responsabilidade do pesquisador *Rafael Aguiar Faria* com a garantia de manutenção do sigilo e confidencialidade em arquivo, físico ou digital, sob sua responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa.

O/ (a) Sr. (a) tem acesso a qualquer etapa do estudo, bem como ao profissional responsável pela pesquisa, prof *Rafael Aguiar Faria*, para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador desta pesquisa pode ser encontrado no endereço Br 135, km 01, nº 2341, Caixa Postal 235, Boa Sorte – CEP 47805-270, Barreiras-BA, e telefone (77)3613-8848

Se o Sr (a) tiver alguma consideração ou dúvida sobre a Ética da Pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), localizado na Rua: Br 135, Km 01, nº 2.341, Bairro Boa Sorte, Cep: 47805-270, Barreiras – BA, Prédio II, 1º andar.

Os resultados deste trabalho poderão ser apresentados em encontros ou revistas científicas, entretanto, ele mostrará apenas os resultados obtidos como um todo, sem revelar seu nome, instituição a qual pertence ou qualquer informação que esteja relacionada com sua privacidade.

Eu, _____, RG _____, após receber uma explicação completa dos objetivos do estudo e dos procedimentos envolvidos, concordo voluntariamente em fazer parte deste estudo.

Barreiras, ____ de _____ de _____

Participante da Pesquisa

Assinatura da testemunha (por extenso)
(Para casos de menores de 18 anos, analfabetos,
semi-analfabetos ou portadores de necessidades gerais).

Pesquisador (a) responsável, telefone *77 991511621*

Pesquisador (a) auxiliar, telefone *77 36130066*

ANEXO II: Carta de Anuência.**CARTA DE ACEITE**

Barreiras-BA, 17 de 07 de 2020

Prezada Prof. Emília Karla Amaral Pignata,**Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa da FASB**

Ao Coordenador dos laboratórios da UNIFASB, Leandro Dobrachinski, vem por meio desta, informar que está ciente e de acordo com a realização nesta instituição da pesquisa intitulada "AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE PROTÓTIPO ADAPTATIVO PARA CAPTAÇÃO DO ALARME DE VENTILADORES MECÂNICOS COM O SMARTPHONE DO FISIOTERAPEUTA ATRAVÉS DO USO DE APLICATIVO.", sob a responsabilidade do pesquisador responsável Rafael Aguiar Faria, a ser realizada de Agosto de 2020.

Esta instituição está ciente da liberação/entrada dos pesquisadores para a coleta dados referentes à pesquisa, somente a apresentação do PARECER de APROVADO pelo CEP. Esta instituição é consciente de sua corresponsabilidade do presente projeto de pesquisa e de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos sujeitos de pesquisa nela recrutados, dispondo de infraestrutura necessária para a garantia de tal segurança e bem-estar.

O pesquisador responsável declara estar ciente das normas que envolvem as pesquisas com seres humanos, em especial a Resolução CNS no 466/12 e no que diz respeito à coleta de dados que apenas será iniciada após a APROVAÇÃO DO PROJETO por parte do Comitê de Ética em pesquisa – CEP/FASB e pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa CONEP), se também houver necessidade.

Assinatura/Carimbo

Centro Universitário São Francisco de Barreiras-UNIFASB
Laboratórios de Ciências da Saúde, Ciências da Terra
e Outros Ambientes Laboratoriais
Leandro Dobrachinski
Coordenador
Portaria nº 10/2019/UNIFASB

ANEXO III: Ofício de vias públicas.

OFÍCIO QUE SUBSTITUI A CARTA ACEITE NO PROJETO DE PESQUISA QUANDO HOVER A PREVISÃO DE COLETA DE DADOS EM VIAS PÚBLICAS

Bomino 04 17 de Julho de 2020.

À
Emília Karla de Araújo Amaral
Coordenadora do CEP – UniFasb

Encaminho projeto de pesquisa intitulado: AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE PROTÓTIPO ADAPTATIVO PARA CAPTAÇÃO DO ALARME DE VENTILADORES MECÂNICOS COM O SMARTPHONE DO FISIOTERAPEUTA ATRAVÉS DO USO DE APLICATIVO, sob a minha responsabilidade, solicitando deste comitê a apreciação ética do mesmo. O período que previsto para coleta os dados será de **10 a agosto** de 2020. Aproveito para informar que:

- (a) A coleta de dados que incorpora a fase quarto da pesquisa será feita com aplicação de um questionário online com a utilização da ferramenta Google Forms pelo link: https://docs.google.com/forms/d/1K3sVB_hih0N0ETOyUatx3stUMczTSH4_oWthTTqXHvs/prefill, o que dispensa a apresentação da carta aceite, uma vez que não há nenhuma instituição envolvida nesta etapa do estudo;
- (b) Estou ciente das minhas responsabilidades frente à pesquisa, conforme a resolução 466/12 do CNS-MS e, que a partir da submissão do projeto ao CEP, será estabelecido diálogo formal entre o CEP e o pesquisador;
- (c) Estou ciente que devo acompanhar a tramitação do meu protocolo de pesquisa, por minha própria conta, junto à Plataforma Brasil;
- (d) Estou ciente de que as avaliações, possivelmente, desfavoráveis deverão ser, por mim, retomadas para correções e alterações.
- (e) Estou ciente da minha responsabilidade como pesquisador caso haja alguma alteração no projeto durante a coleta de dados informando a este Comitê em forma de ADENDO.

Sem mais para o momento, subscrevo-me, atenciosamente:

Rafael Aquino Faria
CPF 034344745-28
Dr. Rafael A. Faria
Fisioterapeuta
CREFITO 168043

ANEXO IV: Parecer do Comitê de Ética.

FACULDADE SÃO FRANCISCO DE BARREIRAS 
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA
Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE PROTÓTIPO ADAPTATIVO PARA CAPTAÇÃO DO ALARME DE VENTILADORES MECÂNICOS COM O SMARTPHONE DO FISIOTERAPEUTA ATRAVÉS DO USO DE APLICATIVO.
Pesquisador: Rafael Aguiar Faria
Área Temática:
Versão: 1
CAAE: 35649520.1.0000.5026
Instituição Proponente: Faculdade São Francisco de Barreiras
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio
DADOS DO PARECER
Número do Parecer: 4.263.261
Apresentação do Projeto:
A presente pesquisa parte do pressuposto que os equipamentos médicos estão em constante aperfeiçoamento para melhor atender os pacientes auxiliando na assistência à saúde. Pretende-se avaliar a eficácia de protótipo adaptativo para captação do alarme de ventiladores mecânicos com o smartphone do fisioterapeuta através do uso de aplicativo.
Objetivo da Pesquisa:
Objetivo primário:
Avaliar a eficácia do protótipo que possa capturar em tempo real a ação dos alarmes dos ventiladores mecânicos com o smartphone.
Objetivos secundários:
Determinar o alcance do sinal do protótipo em distância;
Contribuir para uma monitorização ventilatória de pacientes intubados ou traqueostomizados que se encontram em unidade de terapia intensiva e uso de ventiladores mecânicos;
Buscar o apoio de uma equipe multidisciplinar e interdisciplinar na viabilização deste projeto para sua possível concretização e aprimoramento.
Investigar, junto aos fisioterapeutas intensivistas, se um protótipo capaz de capturar o acionamento de alarmes dos ventiladores mecânicos podem contribuir para segurança e monitorização do paciente.
Endereço: BR 135 Km 01, nº 2341 Bairro: Boa Sorte CEP: 47.805-270 UF: BA Município: BARREIRAS Telefone: (77)3613-8854 Fax: (77)3613-8824 E-mail: cepfsab@fseb.edu.br

FACULDADE SÃO FRANCISCO
DE BARREIRAS



Continuação do Parecer: 4.263.261

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Com relação ao risco, o pesquisador descreve a existência de possíveis riscos de ordem emocional e social. Para tanto, com o intuito de minimizar os riscos de ordem emocional, a coleta de dados será realizada de forma individual. A mesma será restrita ao pesquisado e pesquisador. Da mesma forma, para minimizar os riscos de ordem social, não serão questionados assuntos íntimos aos participantes ou assuntos relacionados a etnia.

Quanto aos benefícios, a pesquisa pretende determinar a eficácia do protótipo que possa capturar em tempo real a ação dos alarmes dos ventiladores mecânicos com o smartphone, colaborar para segurança da profissional e principalmente do paciente.

Além disso, o protótipo promoverá uma maior facilidade ao fisioterapeuta, pois ele será notificado em tempo real de qual ventilador mecânico estar alarmando, podendo ele tomar os cuidados imediatos, contribuindo assim como mais uma ferramenta de segurança para o paciente.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é relevante uma vez que a tecnologia aplicada à saúde é essencial para garantir qualidade de vida para os pacientes, e para os profissionais de saúde.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

No protocolo da pesquisa, constam os documentos exigidos pela Resolução CNS n. 466/12.O TCLE atende às exigências da Resolução, visto que esclarece os objetivos e os procedimentos da pesquisa,garantindo o sigilo e assegurando a privacidade dos sujeitos, além da possibilidade do acesso aos dados registrados e da desistência em qualquer momento da pesquisa.

Recomendações:

Não há recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_P ROJETO 1598954.pdf	24/07/2020 22:38:36		Aceito

Endereço: BR 135 Km 01, nº 2341
 Bairro: Boa Sorte CEP: 47.805-270
 UF: BA Município: BARREIRAS
 Telefone: (77)3613-8854 Fax: (77)3613-8824 E-mail: cepfasb@fasb.edu.br

FACULDADE SÃO FRANCISCO
DE BARREIRAS



Continuação do Parecer: 4.263.261

Outros	Curriculum_Rafael_Faria.doc	24/07/2020 22:32:42	Rafael Aguiar Faria	Aceito
Outros	Lattes.pdf	24/07/2020 22:30:32	Rafael Aguiar Faria	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	17/07/2020 10:51:39	Rafael Aguiar Faria	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_completo.docx	17/07/2020 10:51:24	Rafael Aguiar Faria	Aceito
Outros	Carta_de_aceite.pdf	17/07/2020 10:49:19	Rafael Aguiar Faria	Aceito
Outros	Oficio.pdf	17/07/2020 10:48:44	Rafael Aguiar Faria	Aceito
Outros	QUESTIONARIO.docx	17/07/2020 01:18:21	Rafael Aguiar Faria	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	17/07/2020 01:16:32	Rafael Aguiar Faria	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.docx	17/07/2020 01:16:10	Rafael Aguiar Faria	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.docx	17/07/2020 01:15:58	Rafael Aguiar Faria	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BARREIRAS, 08 de Setembro de 2020

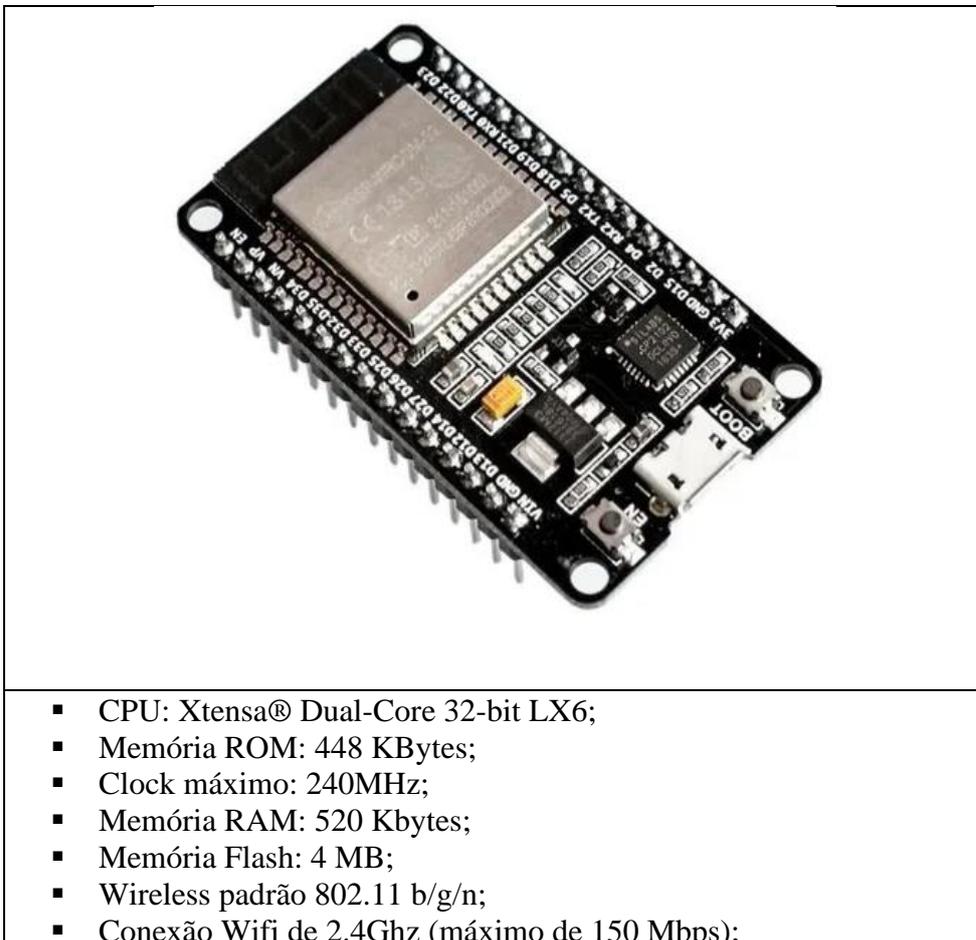
Assinado por:
EMÍLIA KARLA DE ARAÚJO AMARAL PIGNATA
(Coordenador(a))

Endereço: BR 135 Km 01, nº 2341
Bairro: Boa Sorte CEP: 47.805-270
UF: BA Município: BARREIRAS
Telefone: (77)3613-8854 Fax: (77)3613-8824 E-mail: cepfasb@fasb.edu.br

ANEXO V: Constituição da placa ESP32.

A placa ESP32 é um microcontrolador, assim como o Arduino, mas que possui conectividade bluetooth e WiFi já integradas na placa. Isso facilita muito em projetos IoT, já que eles estarão constantemente trocando informações com a rede. Relacionado às suas características pode se ressaltar que, as características da placa são as seguintes: CPU: Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6; Memória ROM: 448 KBytes; Clock máximo: 240MHz; Memória RAM: 520 Kbytes; Memória Flash: 4 MB; Wireless padrão 802.11 b/g/n; Conexão Wifi de 2.4Ghz (máximo de 150 Mbps); Antena embutida na placa; Conector micro USB para comunicação e alimentação; Wi-Fi Direct (P2P), P2P Discovery, P2P Group Owner mode e P2P Power Management; Modos de operação: STA/AP/STA+AP; Bluetooth BLE 4.2; Portas GPIO: 11; GPIO com funções de PWM, I2C, SPI, etc; Tensão de operação: 4,5 ~ 9V; Conversor analógico digital (ADC) (ESPRESSIF, 2018).

Figura 11- Componentes de uma Placa ESP – 32, tido como cérebro do protótipo.



- Antena embutida na placa;
- Conector micro USB para comunicação e alimentação;
- Wi-Fi Direct (P2P), P2P Discovery, P2P Group Owner mode e P2P Power Management;
- Modos de operação: STA/AP/STA+AP;
- Bluetooth BLE 4.2;
- Portas GPIO: 11;
- GPIO com funções de PWM, I2C, SPI, etc;
- Tensão de operação: 4,5 ~ 9V;
- Conversor analógico digital (ADC).