



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

JUAN CARLOS SOARES DE OLIVEIRA

**PLATAFORMA DE MONITORAMENTO REMOTO PARA PACIENTES EM
UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA**

PAU DOS FERROS

2021

JUAN CARLOS SOARES DE OLIVEIRA

**PLATAFORMA DE MONITORAMENTO REMOTO PARA PACIENTES EM
UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Francisco Carlos da Silva Gurgel Segundo, Prof. Dr.

PAU DOS FERROS

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

048p Oliveira, Juan Carlos Soares de.
 Plataforma de monitoramento remoto para
 pacientes em Unidade de Terapia Intensiva / Juan
 Carlos Soares de Oliveira. - 2021.
 53 f. : il.

 Orientador: Francisco Carlos da Silva Gurgel
 Segundo.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia de
 Computação, 2021.

 1. Saturação de oxigênio no sangue. 2.
 Oximetria de pulso. 3. Monitoramento em tempo
 real. 4. Protocolo MQTT. I. Segundo, Francisco
 Carlos da Silva Gurgel, orient. II. Título.

JUAN CARLOS SOARES DE OLIVEIRA

**PLATAFORMA DE MONITORAMENTO REMOTO PARA PACIENTES EM
UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA**

Monografia apresentada a
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Computação.

Defendida em: 01 / 06 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

FRANCISCO CARLOS
GURGEL DA SILVA
SEGUNDO:06062106444

Assinado de forma digital por
FRANCISCO CARLOS GURGEL DA
SILVA SEGUNDO:06062106444
Dados: 2021.06.08 15:42:51 -03'00'

Francisco Carlos da Silva Gurgel Segundo, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

REUDISMAM ROLIM DE
SOUSA:08392843495

Assinado de forma digital por
REUDISMAM ROLIM DE
SOUSA:08392843495
Dados: 2021.06.08 16:23:57 -03'00'

Reudismam Rolim de Sousa, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Francisco Sales da Silva Terceiro

Francisco Sales da Silva Terceiro, Enf. Esp. (Hospital Rafael Fernandes)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família pelo apoio.

Agradeço ao Prof. Francisco Carlos da Silva Gurgel Segundo pela oportunidade de ter me orientado durante todo o período desta pesquisa. Assim também agradeço ao Prof. Reudismam Rolim de Sousa por ter me dado suporte no desenvolvimento deste projeto.

E por fim, agradeço a todos aqueles que contribuíram diretamente ou indiretamente para realização deste trabalho.

RESUMO

A saturação de oxigênio no sangue é um fenômeno existente na grande maioria dos seres vivos, principalmente em seres humanos, onde ela pode indicar patologias no sistema respiratório e circulatório que agravem o estado de saúde do indivíduo, podendo levar à morte. A pesquisa tem como objetivo realizar uma breve revisão bibliográfica sobre a mecânica da saturação de oxigênio no sangue e a aplicação do método de oximetria de pulso como forma de medição, assim como também realizar a análise de um estudo em campo feito para levantar requisitos em um projeto de desenvolvimento de um sistema para monitoramento de pacientes. O sistema tem o propósito de auxiliar os profissionais de saúde em Unidades de Terapia Intensiva (UTI), para que seja acessível, através de dispositivos móveis, o gerenciamento de prontuários médicos e monitoramento em tempo real de pacientes que fazem uso de dispositivos oxímetros de pulso. Ele é arquitetado e então desenvolvido com uso do protocolo MQTT como forma de aplicação em ambiente com diversos dispositivos sensores distribuídos. Com isso, o trabalho propõe contribuir e oferecer uma forma alternativa para tecnologias que automatizem tarefas do ambiente hospitalar e expanda o uso da prática de telessaúde.

Palavras-chave: Saturação de oxigênio no sangue. Oximetria de pulso. Monitoramento em tempo real. Protocolo MQTT.

ABSTRACT

Oxygen saturation in the blood is a phenomenon that exists in the vast majority of living beings, especially in humans, where it can indicate pathologies in the respiratory and circulatory systems that aggravate the individual's health status, which can lead to death. The research aims to conduct a brief bibliographic review on the mechanics of oxygen saturation in the blood and the application of the pulse oximetry method as a means of measurement, as well as to carry out the analysis of a field study done to raise requirements in a project of developing a system for monitoring patients. The system has the purpose of assisting health professionals in Intensive Care Units (ICU), so that it is accessible, through mobile devices, the management of medical records and real-time monitoring of patients using pulse oximeter devices. It is architected and then developed using the MQTT protocol as a means of application in an environment with several distributed sensor devices. Thus, the work proposes to contribute and offer an alternative way for technologies that automate tasks in the hospital environment and expand the use of telehealth practice.

Keywords: Oxygen saturation in the blood. Pulse oximetry. Real-time monitoring. MQTT protocol.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relacionamento do sistema respiratório com o sistema circulatório.....	15
Figura 2: Demonstração da arquitetura de uma aplicação do protocolo MQTT.	17
Figura 3: Arquitetura do sistema proposto.	20
Figura 4: Modelagem relacional das informações armazenadas no servidor.....	22
Figura 5: Tela de autenticação.	30
Figura 6: Tela de cadastro de novos usuários convidados.	31
Figura 7: Tela de painel principal.	32
Figura 8: Tela de listagem de usuários.	33
Figura 9: Tela de informações sobre um usuário.	34
Figura 10: Tela de cadastro interno de usuário (para administradores).	35
Figura 11: Tela de cadastro interno de usuários, com listagem de funções.....	36
Figura 12: Tela de listagem de dispositivos.....	37
Figura 13: Tela de informações sobre um dispositivo.	38
Figura 14: Tela de cadastro de dispositivo.	39
Figura 15: Tela de cadastro de dispositivo, com listagem de <i>status</i>	40
Figura 16: Tela de seleção de pacientes.....	41
Figura 17: Tela de sobreposição para alteração de paciente associado.....	42
Figura 18: Tela de listagem de pacientes.....	43
Figura 19: Tela de informações sobre um paciente (parte 1/2).	44
Figura 20: Tela de informações sobre um paciente (parte 2/2).	45
Figura 21: Tela de cadastro de paciente (parte 1/2).....	46
Figura 22: Tela de cadastro de paciente, com listagem de <i>status</i>	47
Figura 23: Tela de cadastro de paciente (parte 2/2).....	48
Figura 24: Tela do painel de monitoramento (parte 1/2).	49
Figura 25: Tela do painel de monitoramento (parte 2/2).	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Aplicativos usados na área da saúde.	25
Gráfico 2: Experiência com aplicativos móveis.	26
Gráfico 3: Preferência de exibição de informações.	27
Gráfico 4: Dados de maior importância no contexto de acompanhamento do nível de saturação de oxigênio no sangue.....	28
Gráfico 5: Dados mais importantes no acompanhamento do nível de saturação de oxigênio no sangue.	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. Referencial teórico.....	14
2.1. Saturação de oxigênio no sangue	14
2.1.1. Hipóxia e hipoxemia.....	15
2.1.2. Técnicas de medição da saturação de oxigênio no sangue.....	15
2.1.3. Oximetria de pulso	16
2.2. Sistema de monitoramento: protocolo MQTT	17
2.2.1. QoS (<i>Quality of Service</i> - Qualidade de serviço).....	18
3. Desenvolvimento do Sistema de Monitoramento.....	20
4. Resultados e discussões	24
4.1. Fase 1: pesquisa em campo.....	24
4.2. Fase 2: proposta de um aplicativo móvel	29
4.2.1. Controle de usuários	32
4.2.2. Controle de dispositivos	36
4.2.3. Controle de pacientes	43
4.2.4. Painel de monitoramento	49
5. Considerações finais.....	51
REFERÊNCIAS.....	53

1. INTRODUÇÃO

O oxigênio é um dos gases mais abundantes e essenciais na terra, sem ele a vida terrestre poderia não existir. O ser humano, como a maioria dos seres vivos existentes na terra, faz parte daqueles que dependem dessa substância para manutenção da sua existência. Essa dependência é o resultado de um processo complexo de troca de gases que acontece a todo momento, que compõem a interação de diversos sistemas do seu próprio organismo, tais quais o sistema respiratório e o circulatório (CLARK, 1997).

A capacidade de intervenção humana para manutenção desses sistemas se dá especialmente no entendimento do papel do oxigênio no corpo. A compreensão de patologias e as consequências que podem acontecer às células vivas é algo que as ciências da saúde tentam evoluir constantemente. A falta do oxigênio durante um longo período pode trazer consequências irreversíveis para a saúde, dentre as mais conhecidas são a hipóxia e a hipoxemia (SEBALD, 1997), que são patologias que podem descarregar uma sequência de eventos que levam à morte do indivíduo.

O monitoramento do nível de oxigênio e ritmo cardíaco são práticas bastante recorrentes pelos profissionais da saúde, constitui uma evolução de técnicas e tecnologias na história humana para medições que buscam resultados rápidos e precisos. Com isso, o uso de técnicas de medição da saturação de oxigênio no sangue e batimentos cardíacos se tornaram requisitos no ambiente hospitalar para acompanhamento do estado de saúde de um paciente. As situações que necessitam destas técnicas se difundem nos mais diversos cenários, desde um simples exame médico até os casos de internação para cirurgia ou tratamento intensivo, onde o monitoramento contínuo é essencial.

A oximetria de pulso é uma das técnicas que evoluíram dentro desses cenários, onde se utiliza o poder computacional e entendimento de fenômenos ópticos para extração, de forma não invasiva, do nível de saturação de oxigênio no sangue. Ela vem se tornando uma técnica conveniente nos mais diversos cenários médicos, pois é capaz de oferecer uma forma rápida de analisar a oxigenação de um indivíduo. Todavia, existem alguns casos que poderiam ser melhorados, que podem não ser encontrados em equipamentos comerciais com valores acessíveis.

A tecnologia encontrada em oxímetros de pulso é uma tecnologia que já é bastante acessível, desde a implementação do seu hardware até o software. Torna-se viável elaborar novas soluções para dispositivos de baixo custo que ofereçam uma melhor experiência de apresentação dos valores medidos. Tais melhorias visam dar suporte ao acompanhamento médico, com extração e apresentação das informações de forma mais constante e inteligente.

No entanto, os dispositivos oxímetros normalmente encontrados no mercado apresentam um padrão de funcionamento, onde a informação se torna somente acessível por meios presenciais. Há, então, a necessidade de se propor uma outra abordagem no uso desses dispositivos, a fim de facilitar o acesso aos dados e reduzir o tempo desperdiçado no acompanhamento médico: o uso de sistemas de acompanhamento remoto que forneçam monitoramento constante para possíveis emissões de alertas ao profissional da saúde, com características de um sistema que integre à proposta de transição para um futuro próximo da telessaúde.

Na computação, o uso da prática de monitoramento constante e inteligente se aplica nos mais diversos campos das ciências. Os equipamentos biomédicos são resultados de uma evolução tecnológica que busca por extração de variáveis que descrevem o estado de saúde de um indivíduo. Com isso, o futuro tende evoluir para uso de tecnologias remotas para acompanhamento médico.

Esta pesquisa tem como finalidade realizar um breve estudo sobre as técnicas de medição de saturação de oxigênio no sangue, dentre elas, a oximetria de pulso e seu princípio de funcionamento. Com isso, realizar o desenvolvimento de um sistema que ofereça acesso através de um aplicativo móvel para acompanhamento médico, que visa realizar o monitoramento remoto, em tempo real, da oximetria de pulso de um paciente, além de outras possíveis variáveis do estado de saúde.

A obra está dividida em seções que abordam conceitos biológicos, entendidos no ambiente hospitalar sobre a oximetria de pulso, e conceitos computacionais sobre as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento em tempo real.

A metodologia aplicada nesta obra está focada em explicar como foi realizado o desenvolvimento do sistema, definindo sua arquitetura de componentes que

realizam comunicação entre si para controle de informações e monitoramento em tempo real.

Os resultados obtidos nesta pesquisa serão abordados em duas fases: a primeira fase é a análise de um estudo em campo realizado para entendimento do público-alvo, estudantes e profissionais de saúde, e os possíveis requisitos inerentes neste tipo de sistema; a segunda fase abordará o funcionamento do sistema já implementado em cima dos requisitos obtidos da pesquisa em campo, realizando uma apresentação do fluxo de telas implementadas para um aplicativo móvel que será a interface do sistema com o usuário.

Nas considerações finais é analisado toda obra realizada como um todo, buscando analisar as dificuldades encontradas durante a realização da pesquisa, modelagem e desenvolvimento do sistema. Também são avaliados alguns pontos e funcionalidades que ficaram incompletos, devido às limitações de prazo, e assim ficando propostos para realização de novas pesquisas que venham a surgir.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção aborda os fundamentos necessários para proposta desta pesquisa: desenvolver uma plataforma capaz de auxiliar os profissionais de saúde a realizar monitoramento da saturação de oxigênio no sangue de um paciente. Antes de tudo, é necessário realizar um estudo sobre alguns conceitos existentes no processo de saturação de oxigênio no sangue.

Na primeira subseção é feita uma revisão bibliográfica sobre a fisiologia do oxigênio no corpo humano, algumas de suas patologias e técnicas de medição que contribuíram ao desenvolvimento da oximetria de pulso, técnica em destaque nesta pesquisa.

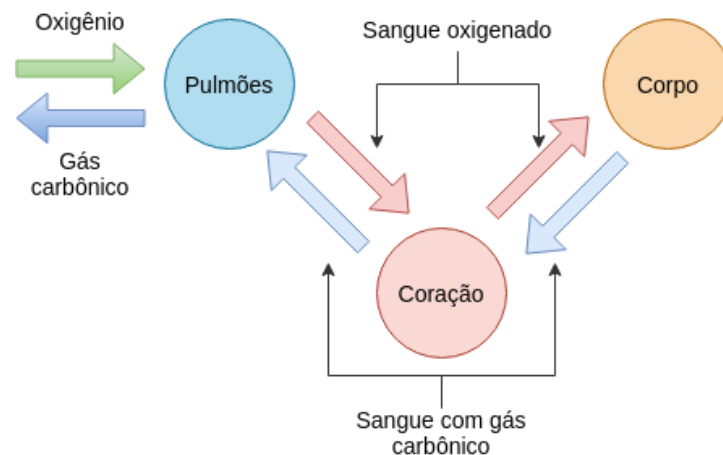
Na segunda subseção é explicado como funciona alguns conceitos utilizados para funcionamento do sistema de monitoramento. O protocolo MQTT é o grande motor que possibilita a comunicação entre dispositivos de forma assíncrona, onde ele é explorado para possibilitar o funcionamento da plataforma.

2.1. Saturação de oxigênio no sangue

O oxigênio é um componente fundamental para a sustentação da vida humana, a sua ausência por um longo intervalo de tempo pode levar as células do corpo humano à morte. O processo de distribuição do oxigênio para os diversos órgãos vitais é uma combinação de partes de sistemas do corpo, dentre os principais conhecidos, e fundamentais, são: o sistema respiratório e o circulatório (CLARK, 1997).

O sangue arterial, componente com predominante presença em grande parte dos tecidos, é o meio intermediador que realiza o transporte do oxigênio, obtido pelo sistema respiratório, através do uso do sistema circulatório para as células presentes em todo corpo humano. Esse transporte ocorre de forma pulsante, onde células vermelhas presentes no sangue carregam na sua composição as hemoglobinas que exercem a função de carregar o oxigênio para todo o corpo, assim mostrado na Figura 1. A concentração de oxigênio presente nas hemoglobinas está diretamente relacionada à intensidade de sua cor: hemoglobinas com oxigênio apresentam cor mais avermelhada do que hemoglobinas sem oxigênio (CLARK, 1997).

Figura 1: Relacionamento do sistema respiratório com o sistema circulatório.



Fonte: autor.

O entendimento dos fenômenos existentes no processo de transporte do oxigênio no corpo humano é um dos fatores que guiam os profissionais da saúde no acompanhamento do estado de saúde de seus pacientes. A falta de oxigênio no sangue arterial pode levar a complicações à saúde, dentre as patologias estão a hipóxia e a hipoxemia.

2.1.1. Hipóxia e hipoxemia

Segundo Sebald (1997), a hipóxia está definida como efeito da insuficiência de oxigênio nos tecidos. Já a hipoxemia está definida com o efeito da baixa saturação de oxigênio no sangue arterial. No entanto, cabe salientar que a hipóxia pode não ser somente uma consequência da hipoxemia.

A hipóxia precisa de um acompanhamento mais complexo, onde pode não haver ocorrência da hipoxemia como sua causa, pois existem outras variáveis que precisam ser medidas em conjunto com a saturação de oxigênio, tais como: taxa de batimento cardíaco, intensidade do fluxo sanguíneo saindo do coração. Todavia, a forma de medição da saturação do oxigênio pode ser crucial para que o profissional consiga ter indícios a tempo na ocorrência da hipóxia, antes que as células sofram danos irreversíveis (SEBALD, 1997).

2.1.2. Técnicas de medição da saturação de oxigênio no sangue

Segundo Farmer (1997), existem diversas técnicas já desenvolvidas para medição do nível de oxigenação do corpo, algumas que já datam da primeira metade

do século XX. Algumas das técnicas existentes analisam por meio da pressão parcial de oxigênio no sangue (PO_2) ou pela saturação (SO_2).

As formas de extração da amostra para análise podem ser caracterizadas por métodos invasivos, onde se utiliza meios de perfuração na pele para extração de amostras do sangue arterial ou venoso, e os não invasivos, que utilizam meios de relacionar fenômenos externos ao corpo para compreensão do nível de oxigenação, como por exemplo, através da detecção ótica, visto na pele, de pulsação sanguínea, também conhecida como oximetria de pulso (FARMER, 1997).

2.1.3. Oximetria de pulso

A oximetria de pulso se constitui como um método de medição não invasivo da saturação pulsátil de oxigênio no sangue (SpO_2), através dos níveis de intensidade de cor das hemoglobinas (ANDRADE, 2009).

O funcionamento de um sensor de oxímetro de pulso é realizado através do uso de fotodiodos (LEDs) na emissão de dois feixes de luz com comprimento de onda vermelho (660nm) e infravermelho (940nm). Os feixes de luz atravessam algumas partes do corpo, incluindo o sangue, até o encontro com um fotossensor, que determina os níveis de luz absorvida durante sua trajetória. As hemoglobinas com alta saturação de oxigênio tendem a absorver ondas infravermelhas, e as de baixa saturação tendem a absorver as ondas vermelhas. Todo esse processo ocorre de forma pulsante, conforme o fluxo de batimento cardíaco (PARANJAPE, 1997).

A técnica é bastante aceita por sua rapidez e precisão; no entanto, como é um método que utiliza fenômenos óticos, pode haver interferências externas de fontes luminosas extremamente brilhantes ao fotossensor que venham prejudicar a confiabilidade da medição (FARMER, 1997).

Há também algumas situações que não é recomendável utilizar a oximetria de pulso: problemas com redução da pulsação vascular periférica, tais como hipotermia, vasoconstrição, hipotensão, durante o desvio cardiopulmonar (ANDRADE, 2009).

Em situações com saturação abaixo dos 80%, por questões de ética na indução de testes em voluntários nos processos de calibração, os oxímetros apresentam uma menor precisão. Os sinais extraídos tendem a ser mais difíceis de se obter, sendo

necessário amplificar, mas o ruído de interferências externas também ocorrem (ANDRADE, 2009).

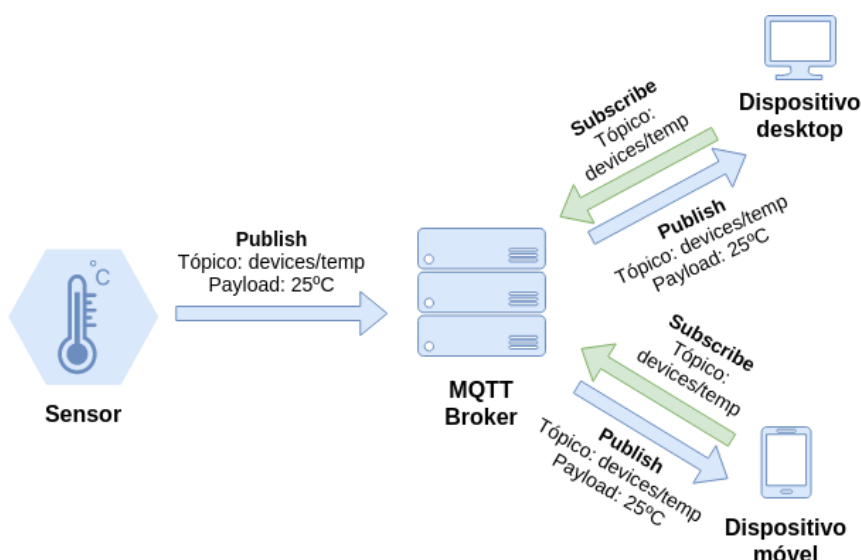
Dado a compreensão da oximetria de pulso, e partindo da necessidade de um sistema de monitoramento em tempo real, surge um protocolo a ser utilizado que possibilita a troca de mensagens entre os dispositivos dentro do sistema, conforme será apresentado na próxima seção.

2.2. Sistema de monitoramento: protocolo MQTT

O MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) é um protocolo de troca de mensagens no padrão *publisher-subscriber*, de forma assíncrona. Ele foi desenvolvido por Andy Stanford-Clark (IBM) e Arlen Nipper (Arcom, hoje conhecida como Cirrus Link) no final da década de 90 como uma solução de baixo consumo, aberta e simples de utilização em ambientes para comunicação Máquina-a-Máquina, especialmente quando aplicado à Internet das Coisas (HiveMQ, 2021).

O funcionamento básico do protocolo pode ser compreendido no seguinte exemplo: um funcionamento do protocolo MQTT num sistema de monitoramento de temperatura, conforme representado na Figura 2:

Figura 2: Demonstração da arquitetura de uma aplicação do protocolo MQTT.



Fonte: autor.

Conforme apresentado na Figura 2, é possível observar a comunicação entre as partes nos seguintes componentes:

- **Broker**: é uma aplicação servidor com propósito de garantir um ponto comum de troca de mensagens entre os dispositivos conectados.
- **Tópico** (*devices/temp*): é o assunto de interesse que o *broker* garante o enlace entre o *publisher* e o *subscriber*;
- **Publisher** (Sensor): é o dispositivo responsável pela emissão de mensagem ao *broker* através de um tópico definido, neste caso é *devices/temp*;
- **Subscriber** (dispositivo desktop ou móvel): é o dispositivo que se inscreve no tópico de interesse, neste caso é *devices/temp*, para receber dados continuamente.

Um dispositivo pode ser tanto *Publisher* como *Subscriber*, ou ambos, bastando apenas que esteja conectado a um *broker* e defina seu tópico para trocar mensagens.

Toda conexão no MQTT necessita definir um tempo limite (*timeout*), se não definido, é estabelecido por padrão 60 segundos. Quando esse tempo limite é excedido, a conexão do dispositivo e o *broker* pode ser desconectada em ambas as partes, considerando assim uma desconexão por falha de comunicação.

Uma grande funcionalidade existente no MQTT, sendo um grande diferencial entre outros protocolos semelhantes, é o *Quality of Service (QoS)*:

2.2.1. QoS (*Quality of Service* - Qualidade de serviço)

O QoS é uma forma de acordo realizado entre o dispositivo e o *broker* para estabelecer uma confiabilidade no envio/recebimento de mensagens entre as partes.

Existem 3 tipos de QoS adotados conforme a necessidade de um sistema, esses tipos são:

- **QoS 0** (*At most once*): as mensagens são enviadas com nenhuma confirmação de recebimento pela parte destinatária. Apresenta um baixo custo baixo de banda na conexão;

- **QoS 1** (*At least once*): as mensagens são enviadas e precisam de confirmação de recebimento do destinatário; se a confirmação não for recebida pelo emissor, a mesma mensagem é enviada novamente como mensagem duplicada. Apresenta um médio custo de banda na conexão;
- **QoS 2** (*Exactly once*): as mensagens são enviadas e é iniciado um processo de confirmação de recebimento da mensagem e confirmação de recebimento da confirmação de recebimento da mensagem, garantindo que as mensagens não sejam duplicadas, por falhas nas confirmações. Apresenta um alto custo de banda na conexão.

O QoS pode ser definido em partes distintas de conexão com o *broker*. O *Publisher* pode definir um QoS X com o broker e o *Subscriber* pode escolher um QoS Y no mesmo *broker*, através de um mesmo tópico, embora o QoS Y (do *Subscriber*) não pode ser maior do que o QoS X (do *Publisher*), pois o *broker* pode receber mensagens com um nível baixo de confiabilidade, mas não pode repassá-las com uma confiabilidade maior aos dispositivos interessados um determinado tópico.

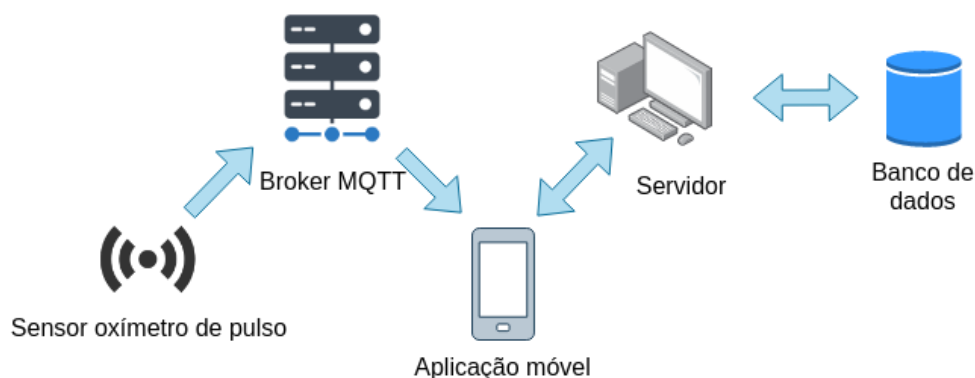
O MQTT é a tecnologia em destaque no projeto realizado nesta pesquisa, pois suas funcionalidades conseguiram suprir os requisitos do projeto. Na próxima seção será explicada a modelagem do sistema de monitoramento com uso desse protocolo.

3. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO

O projeto realizado nesta pesquisa buscou desenvolver um protótipo de sistema de monitoramento de nível de saturação de oxigênio e batimentos cardíacos. Esta obra também se inspira na pesquisa realizada por Silva (2020), onde também aborda a implementação e uso de aplicações móveis para monitoramento da saturação do oxigênio no sangue.

O sistema foi modelado de acordo com um estudo em campo realizado com profissionais e estudantes da área da saúde, para levantamento de requisitos e adaptação ao fluxo de trabalho no ambiente de Unidades de Terapia Intensiva (UTI). Ele é composto por uma arquitetura que se divide por diversas partes com responsabilidades específicas para o seu funcionamento, realizando tarefas específicas para sensoriamento, processamento de eventos, armazenamento/consulta de informações e apresentação de uma interface com o usuário. Pode-se entender interação das partes da arquitetura pela ilustração na Figura 3:

Figura 3: Arquitetura do sistema proposto.



Fonte: autor.

Na Figura 3, cada parte tem uma função determinada, assim mostrado a seguir:

- **Sensor oxímetro de pulso:** é o dispositivo que extrai e filtra os sinais de saturação do oxigênio e batimentos cardíacos do corpo humano e os enviam, através do protocolo MQTT, para uma estação servidora, o *Broker MQTT*;

- **Broker MQTT:** é o servidor que trata os eventos de mensagens com os dados de nível de saturação e batimentos cardíacos, obtidas pelos dispositivos sensores, e os envia para os dispositivos interessados através de um tópico específico, sendo eles utilizados:
 - **Nível de saturação de oxigênio:**
devices/<identificação_do_dispositivo>/oximeter com QoS 2;
 - **Batimentos cardíacos:**
devices/<identificação_do_dispositivo>/heart-rate com QoS 2;
 - **Temperatura corporal:**
devices/<identificação_do_dispositivo>/temperature com QoS 2;
- **Aplicação móvel:** é um aplicativo desenvolvido para gerenciar informações de dispositivos sensores e pacientes, através da conexão com um servidor, de forma a funcionar como uma interface amigável com o usuário final. O aplicativo também cumpre a função de requisitar o recebimento de mensagens de um determinado sensor para realização de monitoramento em tempo real;
- **Servidor e Banco de dados:** é o núcleo do sistema, onde poderá receber requisições de aplicações móveis para realizar processamento mais complexos de gerenciamento de sessão, armazenar e consulta de informações a um banco de dados específico, onde poderá guardar dados dos usuários, sensores e pacientes, e assim dispor para acesso externo;

Dado o entendimento das partes que compõe a arquitetura do sistema, é importante destacar que todas aquelas citadas são essenciais para o funcionamento do monitoramento, mas uma delas não estará completamente implementada: o sensor oxímetro de pulso. Ele, em sua implementação completa, é um dispositivo que necessitará de um projeto de *hardware* com capacidades de leitura e filtragem dos sinais biológicos. Logo, sua implementação ficará a cargo de uma outra pesquisa que venha a dar continuidade partindo da proposta deste trabalho. A parte implementada do oxímetro neste projeto se restringe somente a parte de desenvolvimento do software que ele carrega, o *firmware*.

As informações obtidas na pesquisa em campo foram cruciais para realização da modelagem dos dados que fossem gerenciados pelo servidor e o banco de dados. Esta modelagem dos dados foi realizada conforme mostrado na Figura 4:

Figura 4: Modelagem relacional das informações armazenadas no servidor.



Fonte: autor.

A Figura 4 mostra três tabelas com seus campos:

- **Patient:** onde todas as informações dos pacientes serão armazenadas para consulta nas aplicações móveis;
- **User:** onde todas as informações de usuários serão armazenadas para realização de autenticação no sistema;
- **Device:** onde todas as informações dos dispositivos serão armazenadas para que as aplicações móveis também sejam capazes de saber qual dispositivo ela deve requisitar ao *Broker* MQTT para realizar o monitoramento.

Com a modelagem realizada, podemos definir as tecnologias para implementação:

- **Sensor oxímetro de pulso:** foi utilizado somente um microcontrolador ESP8266, para leitura de sinais fictícios, com as seguintes bibliotecas e ferramentas:
 - Arduino IDE com gerenciador de placa para ESP8266;
 - Biblioteca ESP8266WiFi;
 - Biblioteca PubSubClient;
- **Broker MQTT:** qualquer *broker* público na internet ou um local como o *Eclipse Mosquitto*.
- **Servidor:**
 - *Node.js*
 - Biblioteca *Express*: para roteamento de requisições *HTTP*;
 - Biblioteca *TypeORM*: para gerenciamento do banco de dados.
- **Banco de dados:**
 - *PostgreSQL*: banco de dados relacional;
- **Aplicativo móvel:**
 - *Android Studio*;
 - *Android Emulator*;
 - Kit de desenvolvimento de aplicativos *Flutter*, na versão 2.0;

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos no processo de levantamento em campo de informações e requisitos sobre o ambiente hospitalar, denominada como Fase 1. Após isso, é desenvolvido um aplicativo móvel baseado nas informações analisadas, denominada Fase 2.

Na primeira subseção, Fase 1, é apresentado toda a etapa de levantamento de informações, realizada através de uma pesquisa em campo, com a finalidade de entrevistar profissionais e estudantes da área da saúde. As informações obtidas ajudam a entender características do ambiente hospitalar e os principais requisitos de software necessários para o desenvolvimento de uma solução voltada para unidades de terapia intensiva.

Na segunda subseção, Fase 2, é a demonstração de um aplicativo móvel desenvolvido conforme alguns requisitos levantados na Fase 1 da pesquisa. É apresentado um fluxo de telas, onde elas mostram as funcionalidades presentes na aplicação proposta para o gerenciamento, consulta e monitoramento informações de pacientes.

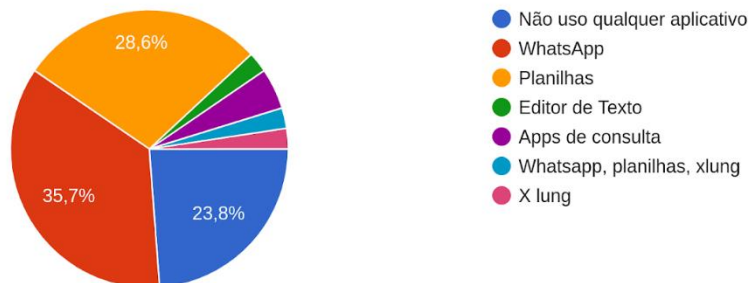
4.1. Fase 1: pesquisa em campo

Na pesquisa realizada em campo foram entrevistadas 42 pessoas, onde esse público se apresentou com o gênero 71,4% feminino e 28,6% masculino. Dentre eles, pôde-se encontrar 35,7% enfermeiros; 16,7% fisioterapeutas; 16,7% técnicos em enfermagem; 2,4% técnicos em radiologia; 21,5% estudantes e 7,2% profissionais que não atuam diretamente na saúde, mas trabalham entorno do ambiente. A escolaridade dos entrevistados está distribuída em 71,4% aqueles com ensino superior completo ou pós-graduação, 11,9% técnicos e 16,7% com ensino médio completo.

No Gráfico 1 é questionado sobre quais aplicativos os entrevistados utilizam no ambiente hospitalar, com a finalidade de encontrar possíveis soluções que mais auxiliam no trabalho exercido pelos profissionais, e a partir disso, buscar entender as facilidades e dificuldades existentes nessas soluções e extrair o tipo de experiência e interface gráfica que eles mostram mais afinidade.

Gráfico 1: Aplicativos usados na área da saúde.

Você usa/usou algum aplicativo voltado para as suas atividades na área de saúde?
42 respostas



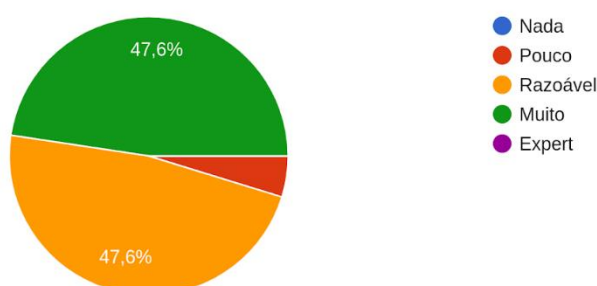
Fonte: autor.

Conforme o Gráfico 1, é possível constatar que na maioria, 35,7% utilizam o aplicativo WhatsApp para comunicação; 28,6% fazem uso de planilhas eletrônicas, para registros/consulta de informações, e 23,8% utilizam uma combinação dos mesmos aplicativos mais um software de simulação de ventilação mecânica, Xlung. Dado esses resultados, é observado as soluções existentes que indicam a utilização de diferentes vias para registro, troca e consulta de informações por meios não controlados pelo hospital. Também, deve-se considerar sobre o tipo de experiência de usuário que se espera em suas interfaces gráficas.

Também foi questionado ao público o quanto de experiência com computadores eles afirmam ter: 4,8% afirmaram ser especialistas; 47,6% disseram ter muito conhecimento; já 42,9% afirmaram ter um conhecimento razoável e 4,8% afirmaram ter pouco conhecimento. Logo após, conforme o Gráfico 2, é questionado sobre quanto de experiência com aplicativos móveis os entrevistados possuem.

Gráfico 2: Experiência com aplicativos móveis.

Qual a sua experiência com aplicativos móveis?
42 respostas



Fonte: autor.

Conforme mostrado no Gráfico 2, dos entrevistados, 47,6% afirmaram ter muita experiência; 47,6% afirmaram ter uma razoável experiência; já os outros 4,8% afirmaram ter pouca experiência. Os resultados são bons e se assemelham com os resultados obtidos pelo questionamento de experiência com computadores: aproximadamente 95% em ambos os questionamentos não afirmaram ter pouca experiência. Logo, possibilita o desenvolvimento de uma aplicação compatível com computador e/ou dispositivo móvel.

A pesquisa em campo inicialmente buscava informações gerais que determinassem características sobre os entrevistados, mas logo em seguida, foi ganhando maior foco em questionamentos voltados para a temática de acompanhamento no ambiente de terapia intensiva.

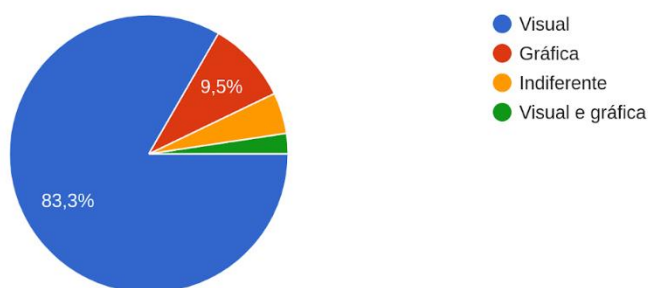
Baseado na temática de oximetria, foi questionado aos entrevistados sobre a experiência com atividades que envolvem análise do nível de saturação de oxigênio no sangue de pacientes neonatais e adultos. Dentre os entrevistados, 42,9% afirmaram ter muito conhecimento; 14,3% afirmaram ter um conhecimento razoável; 26,2% afirmam ter pouco conhecimento e 16,6% afirmam não ter nenhum conhecimento. Logo, aproximadamente 57,2% dos entrevistados afirmaram ter pelo menos um conhecimento razoável; os outros 42,8% ficam aqueles que não trabalham diretamente com esse tipo de análise ou são estudantes.

Considerando um aplicativo que oferecesse informações para acompanhamento em UTIs, foi questionado em relação à preferência de um aplicativo

com informações completas do paciente ou apenas os principais dados. Dos entrevistados, 81% preferiram informações completas; já 14,3% preferiram os principais dados e 4,7% foram indiferentes. Após isso, conforme no Gráfico 3, foi questionado a preferência de exibição dessas informações, onde elas poderiam ser visuais ou gráfica.

Gráfico 3: Preferência de exibição de informações.

Como prefere a exibição de informações?
42 respostas



Fonte: autor.

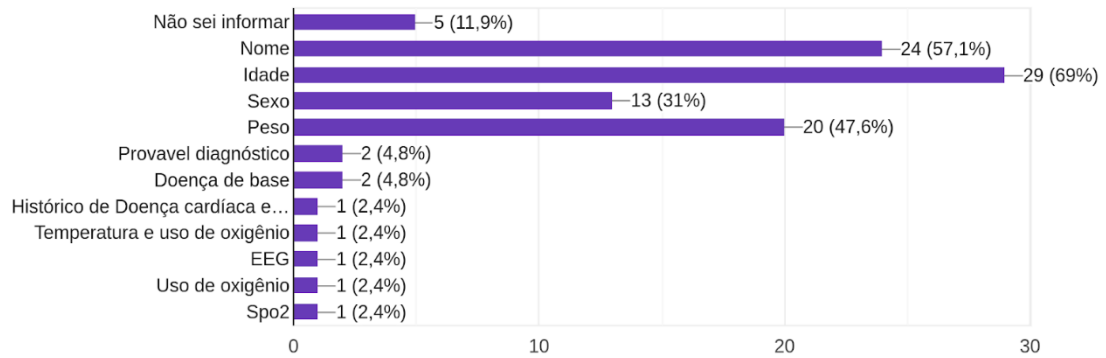
Dado os resultados obtidos, conforme o Gráfico 3, 83,3% dos entrevistados preferiram uma exibição visual, com grandes números indicadores em destaque; já os 9,5% preferiram gráficos que se apresentem em função do tempo de medição.

No Gráfico 4, é questionado sobre quais os dados dos pacientes são de maior importância no contexto de acompanhamento do nível de saturação de oxigênio no sangue. Baseado nessa pergunta será possível definir quais informações dos pacientes devem ser consideradas no desenvolvimento de uma solução.

Gráfico 4: Dados de maior importância no contexto de acompanhamento do nível de saturação de oxigênio no sangue.

Quais os dados (dos pacientes) de maior importância no contexto do acompanhamento do nível de saturação de oxigênio no sangue?

42 respostas



Fonte: autor.

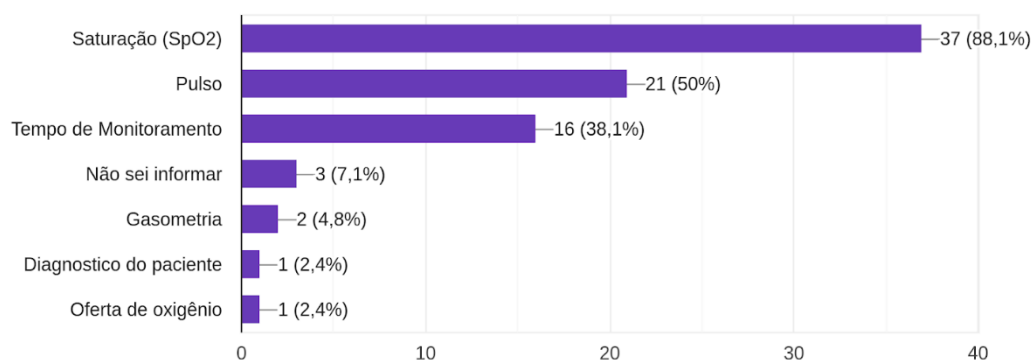
Conforme o Gráfico 4, os entrevistados mostraram não só maior preferência com características básicas do paciente, como: nome, idade, sexo e peso; mas também indicaram novos campos que se mostrariam convenientes à solução: provável diagnóstico (prognóstico), registros de doenças base e comorbidades.

No Gráfico 5 é questionado sobre quais os dados mais importantes para realizar o acompanhamento do nível de saturação de oxigênio no sangue:

Gráfico 5: Dados mais importantes no acompanhamento do nível de saturação de oxigênio no sangue.

Quais dados considera mais importantes para realizar o acompanhamento do nível de saturação de oxigênio no sangue?

42 respostas



Fonte: autor.

Conforme o Gráfico 5, foi obtido que 88,1% esperam visualizar informações sobre saturação pulsátil do sangue (obtido através de um oxímetro de pulso); 50% esperam acompanhar o ritmo de batimentos cardíacos (pulso) e 38,1% desejam visualizar o tempo de monitoramento. Com isso, é possível definir quais as informações que serão monitoradas para consumo dos usuários de uma aplicação proposta.

Com o fim da pesquisa em campo, inicia-se um levantamento dos requisitos encontrados nos resultados analisados, levando em consideração aqueles que são prioritários e possíveis de serem implementados num prazo delimitado. A partir daí, começa a Fase 2, com desenvolvimento da aplicação, que será apresentada nos resultados nesta próxima seção.

4.2. Fase 2: proposta de um aplicativo móvel

Esta seção é o resultado do desenvolvimento de uma aplicação proposta para dispositivos móveis que foi modelada a partir dos resultados obtidos na Fase 1, pesquisa em campo, com a finalidade de garantir o gerenciamento de informações e monitoramento de pacientes em UTI.

O aplicativo móvel se inicia ao entrar na tela de autenticação, conforme mostrado na Figura 5:

Figura 5: Tela de autenticação.



Fonte: autor.

Conforme a Figura 5, o usuário pode inserir suas informações de autenticação, case já tenha sido cadastrado, ou pode apertar em **Cadastre-se** para ser levado para tela pública de cadastro de usuário, conforme mostrado na Figura 6:

Figura 6: Tela de cadastro de novos usuários convidados.

Nome completo

Usuário

E-mail

Senha

Confirmar senha

Você será cadastrado como Convidado.
Entre em contato com um administrador
para definir seu nível de acesso.

Cadastrar

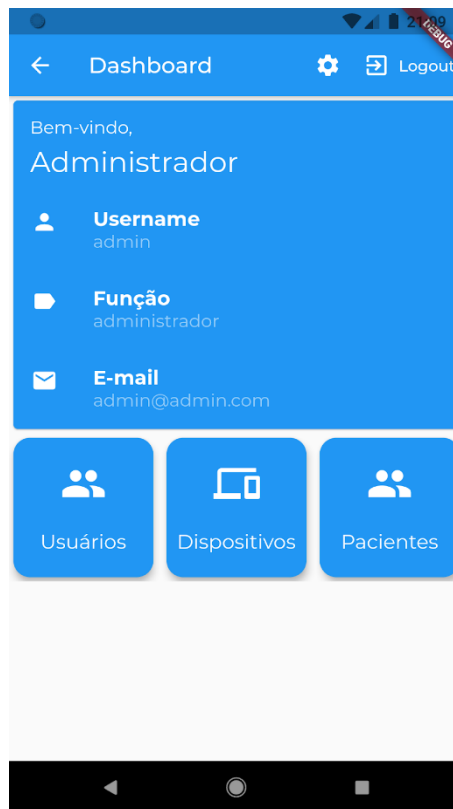
Sair

Fonte: autor.

De acordo com a Figura 6, o usuário pode preencher suas informações e então apertar no botão **Cadastrar**, considerando que ele será cadastrado como usuário convidado, com os mínimos privilégios possíveis no sistema.

Caso o usuário já tenha um cadastro, ela poderá retornar para tela de autenticação, Figura 5, e prosseguir com o fluxo normal de autenticação, apertando no botão **Login**, onde será levada para tela de painel principal, conforme mostrado na Figura 7.

Figura 7: Tela de painel principal.



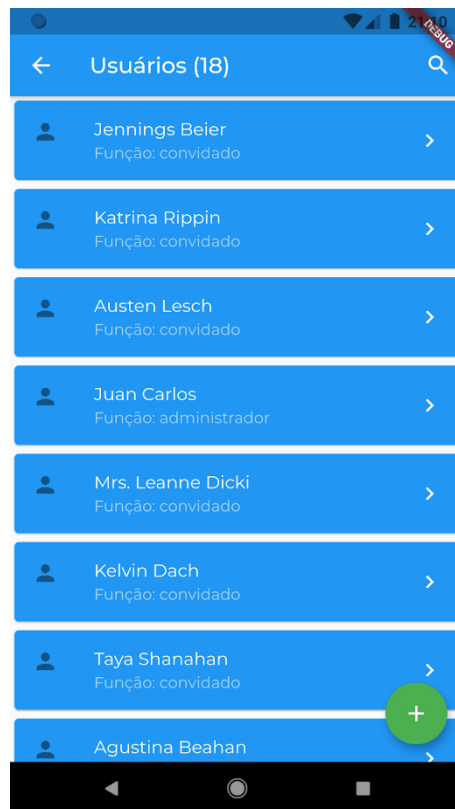
Fonte: autor.

Na Figura 7, o usuário autenticado poderá ter acesso ao gerenciamento de configurações de sua conta (na barra superior); painel de boas-vindas, com algumas informações básicas sobre a conta, e três botões: **Usuários**, **Dispositivos** e **Pacientes**. A depender da função do usuário e seu nível de privilégio no sistema, diferente da função administrador, alguns botões podem não ficar visíveis. O usuário, ao apertar no botão **Usuários**, será levado para área controle de usuários, onde será abordado na próxima subseção.

4.2.1. Controle de usuários

Nesta seção serão abordadas as funcionalidades referentes ao controle de usuários do sistema, permitido apenas àqueles com nível de privilégios compatíveis para administração de contas. A próxima tela será a listagem de usuários ativos no sistema, conforme mostrado na Figura 8.

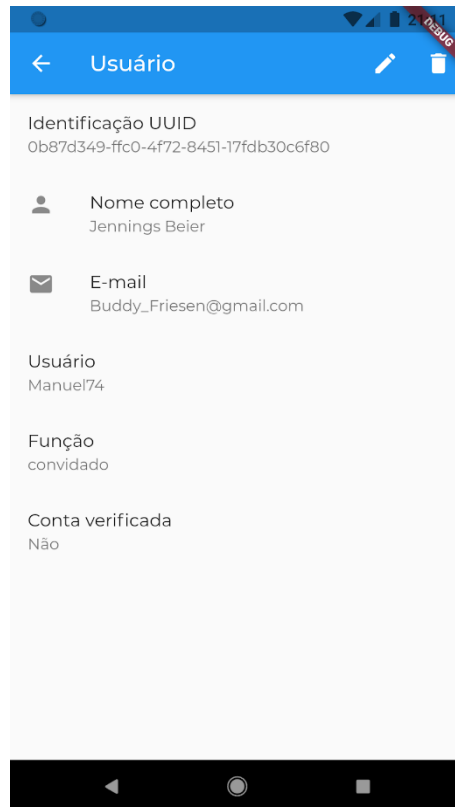
Figura 8: Tela de listagem de usuários.



Fonte: autor.

Na Figura 8 é possível visualizar todos os usuários pelo seu nome completo e função no sistema. É também possível: realizar uma busca, pelo nome completo, através da lupa na barra superior; apertar em um dos registros para visualizar mais informações sobre um determinado usuário ou apertar no botão verde para cadastrar um novo usuário. Ao apertar sobre um dos registros, o usuário será levado para tela de informações sobre o usuário selecionado, conforme mostrado na Figura 9.

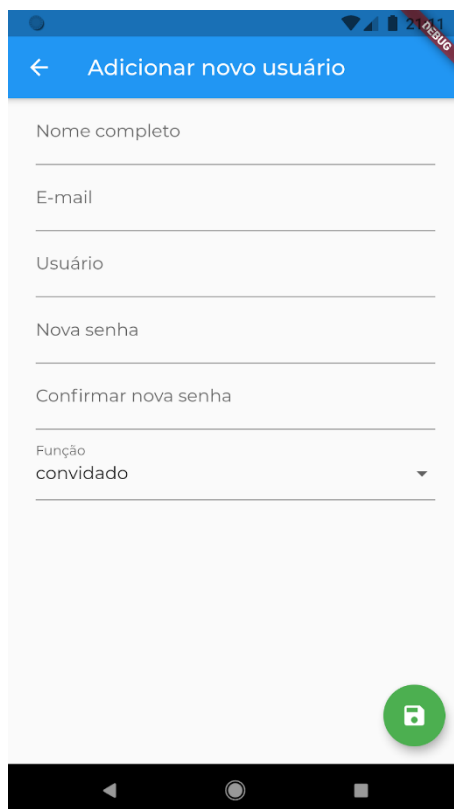
Figura 9: Tela de informações sobre um usuário.



Fonte: autor.

Conforme mostrado na Figura 9, será possível visualizar informações de um determinado usuário, assim também, através da barra superior, poderá realizar alteração e exclusão dele. Ao retornar para tela de listagem, Figura 8, o usuário poderá apertar o botão de cadastrar novo usuário (botão verde) e ser levado para tela de cadastro interno de usuário, conforme a Figura 10.

Figura 10: Tela de cadastro interno de usuário (para administradores).



← Adicionar novo usuário

Nome completo

E-mail

Usuário

Nova senha

Confirmar nova senha

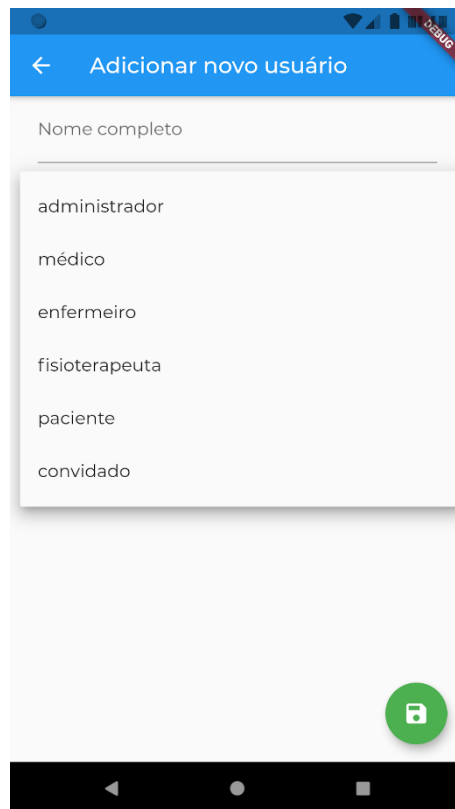
Função
convidado

Salvar

Fonte: autor.

Conforme mostrado na Figura 10, na tela de cadastro, ele poderá preencher os campos: **nome completo**, **e-mail**, **usuário**, **senha** e **função**. A função que for escolhida determinará o tipo de profissional que utilizará o sistema e o seu o nível de privilégio, conforme mostrado na Figura 11.

Figura 11: Tela de cadastro interno de usuários, com listagem de funções.



Fonte: autor.

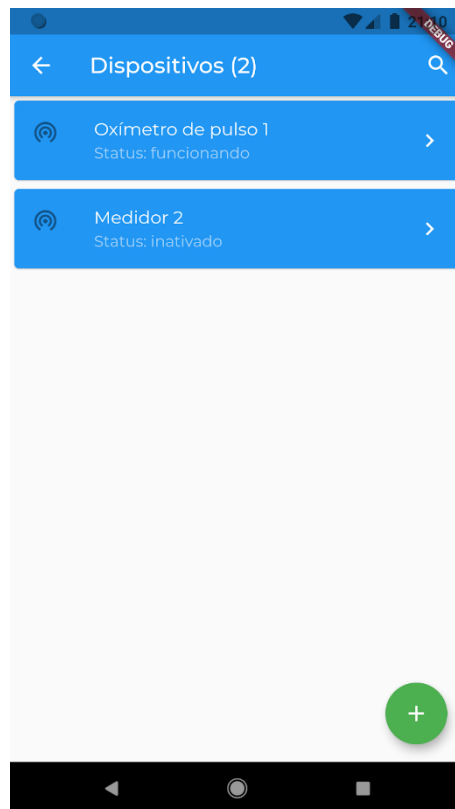
Na Figura 11 são mostrados os tipos de funções que um usuário poderá exercer dentro do sistema: administrador, aquele com acesso total; profissões específicas do ambiente hospitalar e a função convidado, com níveis mínimos de acesso.

O usuário poderá retornar para painel principal, Figura 7, e ao apertar no botão **Dispositivos**, poderá fazer uso de controle de dispositivos, conforme será apresentado na próxima seção.

4.2.2. Controle de dispositivos

Nesta seção será abordado o gerenciamento do registro de dispositivos sensores utilizados no ambiente hospitalar. A próxima tela será da listagem de dispositivos cadastrados, conforme mostrado na Figura 12:

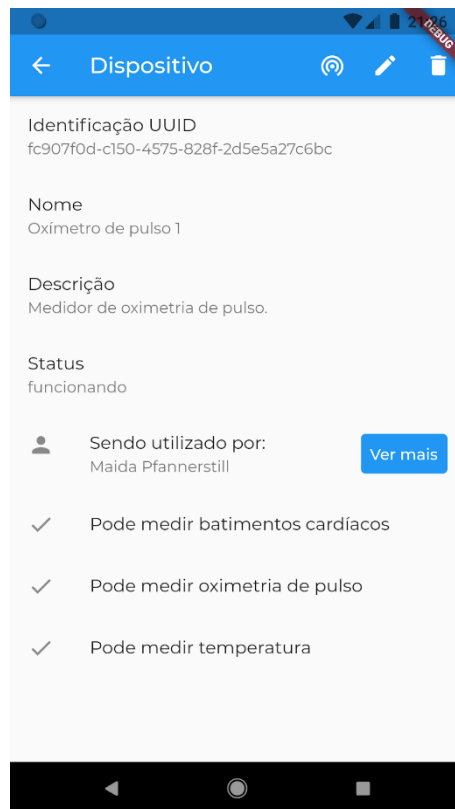
Figura 12: Tela de listagem de dispositivos.



Fonte: autor.

Na Figura 12, o usuário poderá realizar buscas por dispositivos pelo nome, através da lupa na barra superior; acessar informações de um dispositivo listado e cadastrar um novo dispositivo. Ao acessar um dos dispositivos listados, apertando sobre um deles, aparecerá uma nova tela de informações sobre um dispositivo, conforme mostrado na Figura 13.

Figura 13: Tela de informações sobre um dispositivo.



Fonte: autor.

Na Figura 13, a tela de informações sobre um dispositivo, é possível acessar funcionalidades por meio da barra superior, onde o usuário poderá abrir um painel de monitoramento para acompanhamento em tempo real, alterar informações ou remover o próprio dispositivo. Logo abaixo da barra superior são apresentados os campos referentes a nome; descrição; *status*; paciente associado e capacidades de monitoramento.

O usuário, ao retornar para listagem de dispositivos, Figura 12, poderá cadastrar um novo dispositivo, ao apertar no botão verde, conforme mostrado na Figura 14:

Figura 14: Tela de cadastro de dispositivo.

Adicionar novo dispositivo

Nome

Descrição

Status
nenhum

☐ Pode medir batimentos cardíacos

☐ Pode medir oximetria de pulso

☐ Pode medir temperatura

Associar um paciente
Aperte escolher um paciente

Save

Fonte: autor.

Ao utilizar a tela da Figura 14, o usuário poderá, então, preencher os campos de um novo dispositivo, conforme já vistos na Figura 13. O campo *status*, como seu nome já sugere, possibilita definir o estado atual do dispositivo a ser cadastrado, conforme mostrado na Figura 15.

Figura 15: Tela de cadastro de dispositivo, com listagem de *status*.

Adicionar novo dispositivo

Nome

Descrição

nenhum

funcionando

em manutenção

inativado

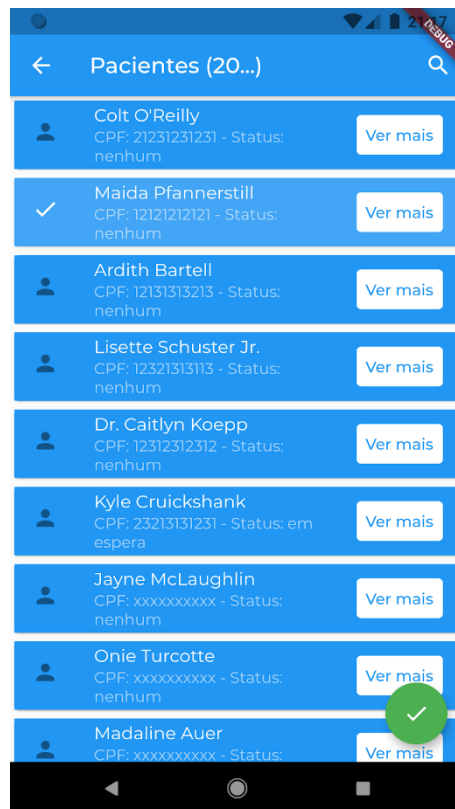
Associar um paciente
Aperte escolher um paciente

Save

Fonte: autor.

Após escolher e definir o status, assim visto na Figura 15, o usuário poderá associar o dispositivo a um paciente já cadastrado no sistema, ao apertar no botão **Associar um paciente**. Ele será levado para uma tela de seleção de pacientes, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16: Tela de seleção de pacientes.

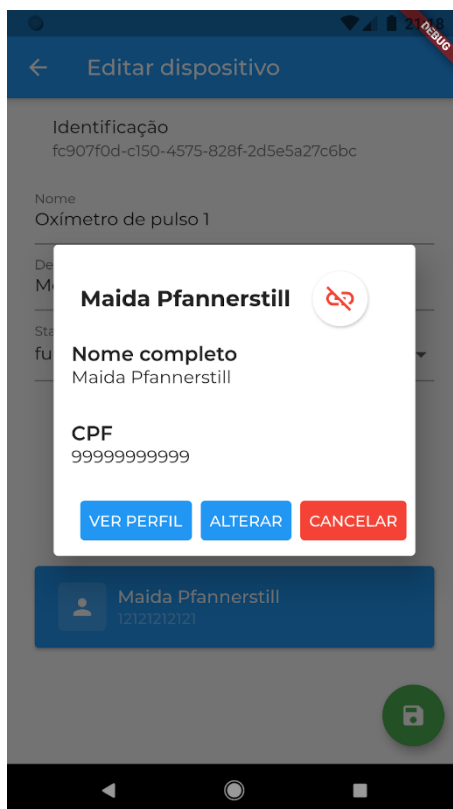


Fonte: autor.

Na Figura 16 pode ser visto como é selecionado um paciente para associar ao dispositivo, apertando sobre um deles e, então, apertando no botão verde. Há também a possibilidade de visualizar mais informações sobre um paciente nesta mesma tela, ao apertar no botão **Ver mais**. Ao término da seleção, o usuário retorna para tela de cadastrado já aberta, Figura 14.

Na tela de cadastro, Figura 14, se o dispositivo já tiver um paciente associado: ao apertar no botão que era para selecionar um novo paciente, irá aparecer uma nova janela de sobreposição, conforme mostrado na Figura 17:

Figura 17: Tela de sobreposição para alteração de paciente associado.



Fonte: autor.

Na Figura 17 pode ser vista uma tela onde o usuário poderá visualizar o paciente que já está associado ao dispositivo. Também são apresentadas informações como o nome completo e CPF do paciente, além de botões para **desassociar** o paciente do dispositivo, conforme mostrado no ícone vermelho na parte superior direita da janela; **ver perfil** completo; **alterar** para outro paciente, abrindo novamente a tela de seleção já apresentada anteriormente; ou fechando a janela no botão **cancelar**.

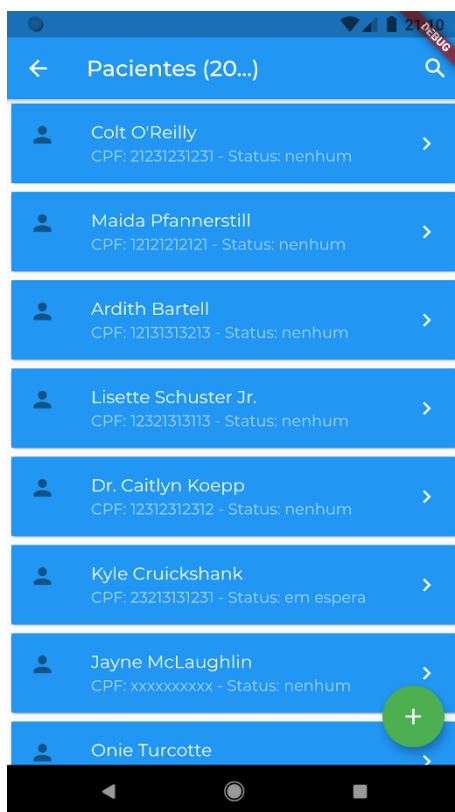
Ao término do preenchimento de informações, o usuário poderá finalizar o cadastro ao apertar no botão verde com o ícone de disquete, assim apresentado na Figura 14.

Ao retornar para o painel principal, mostrado na Figura 7, será exibido o botão disponível para controle de pacientes, que será abordado na próxima seção.

4.2.3. Controle de pacientes

Nesta seção é abordada uma das partes mais fundamentais da aplicação: o gerenciamento de informações do paciente. Assim como as demais funcionalidades de controle de usuários e dispositivos, ela tem um fluxo de telas semelhantes, começando pela tela da listagem de pacientes, conforme mostrado na Figura 18.

Figura 18: Tela de listagem de pacientes.



Fonte: autor.

Na Figura 18 é ilustrada a tela de listagem de pacientes, onde é possível pesquisar por um paciente por meio do seu nome completo, ao apertar na lupa existente na barra superior. Assim como mostrado nas seções anteriores, o usuário poderá visualizar uma listagem de pacientes, com seu nome completo, CPF e *status*; poderá também cadastrar um novo paciente ou selecionar um paciente específico para visualizar suas informações, conforme mostrado na Figura 19.

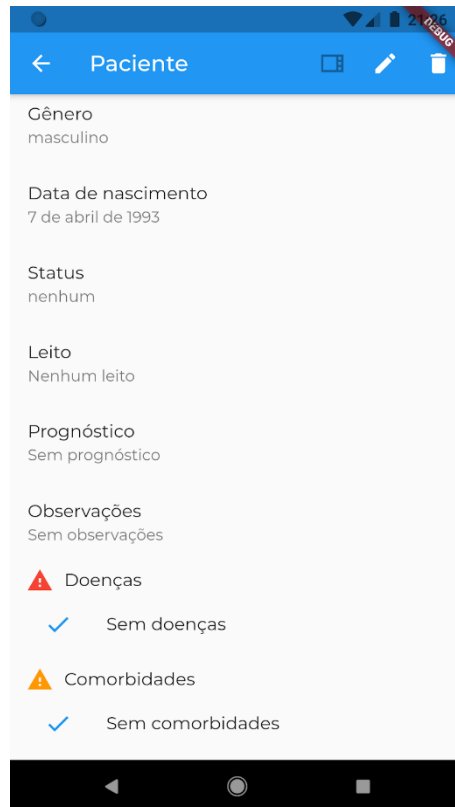
Figura 19: Tela de informações sobre um paciente (parte 1/2).



Fonte: autor.

Na Figura 19 pode ser vista a primeira parte da tela com as informações sobre um paciente, onde é possível, através da barra superior, acessar: o painel de monitoramento em tempo real dos dispositivos associados; alterar informações e remover o registro do paciente. Logo abaixo da barra superior estão as informações existentes do paciente, modelado conforme alguns campos citados nas pesquisas realizada na Fase 1. Nesses campos, pode-se encontrar: nome completo, CPF, gênero, data de nascimento, *status*, leito e prognóstico; com mais campos mostrados na segunda parte da tela, conforme mostrado na Figura 20.

Figura 20: Tela de informações sobre um paciente (parte 2/2).



Fonte: autor.

Na Figura 20 é ilustrada a segunda parte da tela de informações de paciente, onde ficam os campos restantes: observações, doenças e comorbidades.

O usuário, ao retornar para tela de listagem de pacientes, mostrada na Figura 18, poderá também cadastrar um novo paciente, onde será levado para tela de cadastro de paciente, conforme Figura 21.

Figura 21: Tela de cadastro de paciente (parte 1/2).

← Adicionar novo paciente

Nome completo

CPF

Gênero
masculino

Status
nenhum

Data de nascimento:
8 de maio de 2021

Leito

Prognóstico

Observações

⚠ Adicionar doença existente

Salvar

Fonte: autor.

A tela de cadastro, Figura 21, é onde as características de cada paciente são preenchidas conforme os campos propostos no levantamento de requisitos realizado na Fase 1 da pesquisa. Esses campos, além de armazenar características de uma pessoa comum, como nome, CPF, data de nascimento e gênero; existem também campos que visam auxiliar o profissional de saúde no acompanhamento da situação de um paciente. O primeiro campo a ser observado é o *status*, conforme Figura 22.

Figura 22: Tela de cadastro de paciente, com listagem de *status*.



Adicionar novo paciente

Nome completo

CPF

Gênero
masculino

Prognóstico

Observações

Adicionar doença existente

nenhum

em espera

em tratamento

com alta

Fonte: autor.

O *status*, assim mostrado na Figura 22, é um indicador referente à situação do paciente em uma determinada unidade de saúde. Das opções presentes, **nenhum** representaria um cadastro com estado neutro, onde ainda não teria sido definido a real situação do paciente. Ao descer é possível também preencher mais campos que contribuem com mais informações, conforme Figura 23.

Figura 23: Tela de cadastro de paciente (parte 2/2).

A captura de tela mostra a interface de um aplicativo para cadastro de pacientes. No topo, há uma barra azul com o título "Adicionar novo paciente" e um ícone de seta para trás. Abaixo, o formulário é dividido em seções: "Data de nascimento:" com um campo de data selecionado como "25 de maio de 2021"; "Leito" com um campo de texto; "Prognóstico" com um campo de texto; "Observações" com um campo de texto; "Adicionar doença existente" com um ícone de aviso vermelho, um campo de texto contendo "COVID-19" e um ícone de adicionar (+); "Adicionar comorbidade existente" com um ícone de aviso amarelo, um campo de texto contendo "Obesidade", um campo de texto contendo "Diabetes tipo 2" e um ícone de adicionar (+). Um botão verde circular com um ícone de salvar está na parte inferior direita. A barra de navegação do Android está visível na base.

Fonte: autor.

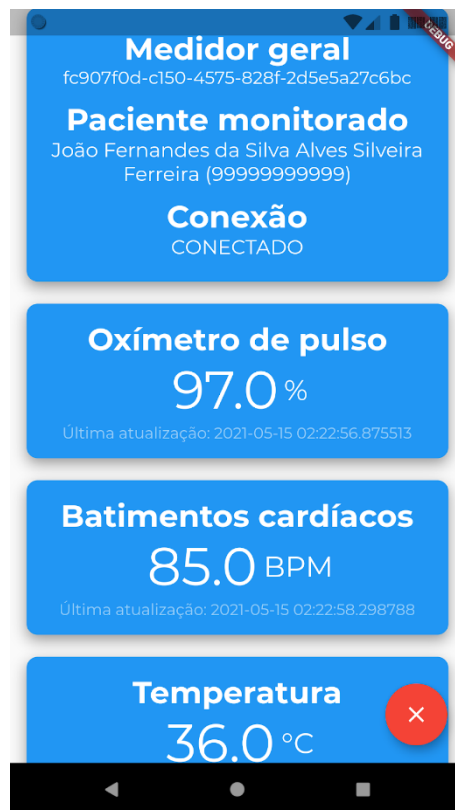
Na Figura 23 é ilustrada a primeira parte da tela de cadastro de paciente, onde é possível acessar demais campos: **leito**, **prognóstico**, **observações**, **doenças** e **comorbidades**. Ao preencher os campos doenças ou comorbidades, o usuário poderá apertar no sinal de adição para preencher uma lista referente a cada um desses campos.

Lembrando da tela de informações de dispositivo, Figura 13, e pacientes, mostrado na Figura 19, ambos compartilham de um botão que leva para tela do painel de monitoramento em tempo real, tanto do dispositivo com um paciente associado, quanto do paciente com seus dispositivos associados. Assim apresentado na próxima seção.

4.2.4. Painel de monitoramento

O painel de monitoramento em tempo real é a principal funcionalidade esperada no levantamento de requisitos, Fase 1 da pesquisa. É neste painel que é feita a comunicação MQTT entre os medidores e a aplicação móvel, assim ilustrado na Figura 24.

Figura 24: Tela do painel de monitoramento (parte 1/2).



Fonte: autor.

Na Figura 24 é ilustrada a primeira parte do painel de monitoramento, onde é possível visualizar uma seção com informações básicas, onde apresenta: **nome do dispositivo**, **identificação**, **paciente associado**, com CPF, e o estado de conexão entre a aplicação móvel e o *broker* MQTT. Logo abaixo dessa seção, tem os valores de monitoramento, conforme mostrado na Figura 25.

Figura 25: Tela do painel de monitoramento (parte 2/2).



Fonte: autor.

Na Figura 25 pode ser vista a segunda parte do painel de monitoramento, onde é mostrado os valores de oxímetro de pulso, batimentos cardíacos e temperatura, conforme foi configurado ao medidor, ao cadastrar/alterar um dispositivo, assim mostrado na Figura 14.

Por fim, é finalizado a implementação de todo sistema de monitoramento, que inclui o aplicativo móvel apresentado. Alguns requisitos e melhorias ficaram em aberto para aperfeiçoar o sistema feito, que serão discutidas nas considerações finais, como propostas para novos trabalhos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa, enfim, entra em seu estágio final, precisando apenas que algumas observações sejam expostas e consideradas pelo leitor. Durante todo o trajeto realizado para elaboração desta obra, algumas dificuldades foram enfrentadas, outras abertas para novas propostas de soluções.

Nas pesquisas realizadas na Fase 1 do projeto, a quantidade de participantes foram 42 pessoas, dentre as quais algumas não tinham contato direto com a área da saúde, eram profissionais apenas do ambiente administrativo, e outros estariam em diferentes estágios de conhecimento como estudante da área. Essa quantidade amostral de pessoas representaria uma confiabilidade menor em relação a outra pesquisa que viesse ser realizada em proporções maiores. A existência de ruídos nos dados poderia também potencializar erros na interpretação dos resultados obtidos. No entanto, embora as dificuldades encontradas, importantes características do ambiente hospitalar foram compreendidas para ajudar na construção de uma solução mais simples: automatizar e facilitar o acesso às informações médicas.

O projeto desenvolvido na Fase 2 se caracteriza por ser um protótipo, é esperado que necessite de revisões mais criteriosas para sua homologação final. Para uso em UTI, precisa ser mais bem revisado, especialmente em termos de segurança, afinal, não é desejado que o sistema fique inacessível por falhas de comunicação ou atos maliciosos. A aplicação consegue suprir a necessidade de armazenamento e consulta de informações, especialmente dos pacientes, mas ainda enfrenta imaturidade quando se trata de identificação de patologias eminentes que os profissionais de saúde precisem ser alertados.

A forma que o sistema foi projetado e desenvolvido nesta pesquisa, com sua diversidade de protocolos e tecnologias, se restringiu apenas ao uso do protocolo MQTT, pois todas as demais adotadas poderiam ser escolhidas arbitrariamente pelo desenvolvedor. Um aplicativo poderia ser feito com outras bibliotecas para outros tipos de plataformas ou uma nova aplicação poderia atender apenas a usuários de navegadores de internet, oferecendo acesso aos computadores de mesa, assim também como o banco de dados poderia ser um não-relacional, cabendo apenas aos novos critérios do projeto especificar seu uso.

Ao término do projeto, ficou em aberto novas propostas para realização de melhorias no quesito de segurança, confiabilidade dos valores medidos, emissão de alertas para situações específicas e registro em banco de dados dos históricos de medições. Essas melhorias também poderiam idealizar novos projetos de pesquisas:

- A criação de novas interfaces com os usuários, como por exemplo uma interface web;
- Um estudo sobre melhorias na experiência do usuário e interface gráfica;
- Um estudo que vise dar continuidade a esta pesquisa, com foco na parte do desenvolvimento de *hardware* do oxímetro de pulso;
- A implementação de tratamentos estatísticos nas medições realizadas pelos sensores;
- Implementação de algoritmos de *Machine learning* para identificação de padrões, erros em prognósticos médicos ou predição do estado de saúde de um paciente.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Luiz Augusto K. **Sistema de Medição Para Oximetria de Pulso**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.
- CLARK, Susanne A. Normal Oxygen Transport. In: **Design of Pulse Oximeters**. Ed.: John G. Webster, Madison: J W Arrowsmith, p. 1-12, 1999.
- FARMER, James. Blood Oxygen Measurement. In: **Design of Pulse Oximeters**. Ed.: John G. Webster, Madison: J W Arrowsmith, p. 21-39, 1997.
- HiveMQ. **MQTT Essentials**: The Ultimate Kickstart for MQTT Beginners. Disponível em: <https://www.hivemq.com/mqtt-essentials/>. Acesso em: 8 mai. 2021.
- PARANJAPE, K. S., Electronic Instrument Control, In: **Design of Pulse Oximeters**. Ed.: John G. Webster, Madison: J W Arrowsmith, p. 97-123, 1997.
- RUCHALA, Joanna B., Applications of Pulse Oximetry, In: **Design of Pulse Oximeters**. Ed.: John G. Webster, Madison: J W Arrowsmith, p. 215-237, 1997.
- SEBALD, Daniel J. Motivation of Pulse Oximetry. In: **Design of Pulse Oximeters**. Ed.: John G. Webster, Madison: J W Arrowsmith, p. 13-20, 1997.
- SILVA, Pedro Henrique Aires da. **Aplicativo móvel para o acompanhamento do nível de oxigênio (SpO2) no sangue de pacientes neonatais e adultos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Tecnologia da Informação) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Pau dos Ferros, 2020.