UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

Trabalho de Conclusão de Curso

CHECKAPP - SISTEMA MÓVEL PARA AUXILIAR OS PROFISSIONAIS DE CAMPO RESPONSÁVEIS PELAS MANUTENÇÕES DOS EQUIPAMENTOS MÉDICO HOSPITALARES COMPLEXOS

Luan Santos de Souza

Natal/RN
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO
NORTE CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

CHECKAPP - SISTEMA MÓVEL PARA AUXILIAR OS PROFISSIONAIS DE CAMPO RESPONSÁVEIS PELAS MANUTENÇÕES DOS EQUIPAMENTOS MÉDICO HOSPITALARES COMPLEXOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Biomédica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte para obtenção do título de Graduado em Engenharia Biomédica.

Graduando: Luan Santos de Souza
Orientadora: Profª. Dra. Heliana Bezerra Soares
Coorientador: José Micael Delgado Barbosa

Natal/RN
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO
NORTE CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

CHECKAPP - SISTEMA MÓVEL PARA AUXILIAR OS PROFISSIONAIS DE CAMPO RESPONSÁVEIS PELAS MANUTENÇÕES DOS EQUIPAMENTOS MÉDICO HOSPITALARES COMPLEXOS

Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso:

Profª. Dra. Heliana B. Soares _____

UFRN - Orientadora

José Micael D. Barbosa _____

Coorientador

Mateus Santana Costa _____

Avaliador externo

Natal/RN

2021

DEDICATÓRIA

À minha família, que sempre me apoiou e acreditou em mim, me dando todo o suporte necessário para chegar até aqui, possibilitando que esse momento se tornasse real. Aos meus velhos amigos, que mesmo com a distância são prova que a verdadeira amizade nunca se extingue, e aos novos amigos que sempre compartilharam comigo as tristezas e alegrias, dificuldades e prazeres nessas duas graduações.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a toda minha família, todos eles se tornaram peças importantes para que esse momento se tornasse real. Aos meus pais, Luzia e Joerian, que a todo instante batalharam para que eu tivesse acesso as melhores oportunidades, sempre acreditando que a educação pode mudar uma realidade e me possibilitando sempre a liberdade de escolha, um casal incrível que me ensinou que o amor ensina. Às minhas diversas mães e pais, que no dia a dia chamo de tia, tio, avó, avô e até pelo nome, me apoiando e proporcionando momentos em família que em diversos momentos foram um desafogo em meio aos semestres. À Pietra, que, mesmo eu não sendo muito presente, quero que saiba que tudo que faço é pensando em aumentar exponencialmente as oportunidades que tive para nossa família, na educação e nas mais diversas áreas.

Aos meus amigos, os antigos que me mostraram que a verdadeira amizade permanece intocada, não importa a distância ou quanto o tempo passe, e aos novos amigos, que conheci durante os cursos de Ciências & Tecnologia e o de Engenharia Biomédica, durante as matérias mais difíceis do curso, mas também nos melhores momentos. Espero que os novos também se tornem amizades antigas. Aos amigos que dividi moradia durante toda minha estadia em Natal, a experiência em morar com pessoas diversas é algo único, que ensinou e que me engrandeceu pessoalmente, vocês também são grande parte dessa conquista. E a todos os meus amigos que fiz fora do âmbito da universidade, que por intermédio de amigos também chegaram para somar.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte, uma instituição ímpar que proporciona as melhores experiências tanto no âmbito acadêmico como humano, mostrando que o sentimento de empatia é aflorado quando se vê as mais diversas pessoas, com diferentes características, batalhando por um objetivo em comum, mudar sua realidade ou a dos que as rodeiam. À Micael que me deu a oportunidade de mostrar minha capacidade, me aceitando como estagiário no HUOL e me ajudando a definir o projeto que seria desenvolvido nesse trabalho de conclusão de curso. Aos meus professores, em especial a minha orientadora Dr. Heliana Bezerra, por todas as orientações, paciência e por confiar em mim no desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, a mim mesmo, por não me deixar desistir nos momentos de maior dificuldade, solidão e novos desafios. Por ter aprendido que os momentos ruins passam e que a educação sempre é o melhor caminho. Por nunca deixar que outros digam o que pode ou não pode ser feito e por sempre questionar tudo que achar necessário. Sempre mantendo o pensamento que a minha realidade sempre será definida pelas minhas escolhas.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS V
LISTA DE FIGURAS IX
LISTA DE TABELAS XI
LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS XII
RESUMO XIII
ABTRACT XIV
1. INTRODUÇÃO 1
1.1. OBJETIVOS 2
1.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2
1.2. ESTADO DA ARTE 3
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO 4
2. EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES 6
2.1. EQUIPAMENTOS DE BAIXA COMPLEXIDADE 6
2.2. EQUIPAMENTO DE ALTA COMPLEXIDADE 6
2.2.1. ULTRASSOM 6
2.2.2. RAIO-X 8
2.2.3. ARCO-CIRÚRGICO 9
2.2.4. TOMÓGRAFO 10
2.2.5. ANGIÓGRAFO 11
2.2.6. RESSONÂNCIA MAGNÉTICA 12
3. ENGENHARIA CLÍNICA 14
3.1. ENGENHEIRO CLÍNICO E SUAS ATRIBUIÇÕES 14
4. MANUTENÇÕES EM EQUIPAMENTOS MÉDICOS 17
4.1. MANUTENÇÃO CORRETIVA 18
4.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA (PLANEJADA) 21
4.3. HISTÓRICO DE MANUTENÇÕES 23
5. SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE EQUIPAMENTO 24
5.1. APLICAÇÕES MÓVEIS NA SAÚDE 25
5.2. LEVANTAMENTO DE REQUISITOS 27
5.3. MODELAGEM DO SISTEMA 28
5.3.1. LINGUAGEM UNIFICADA DE MODELAGEM – UML 28
5.3.2. DIAGRAMA DE ENTIDADE E RELACIOAMENTO 30

5.3.3. DIAGRAMA DE CLASSES 32
5.3.4. DIAGRAMA DE CASO DE USO 34
5.4. INTERFACE DO USUÁRIO 35
5.5. TECNOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO 39
5.5.1. AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO 39
5.5.2. JAVA SCRIPT E NODEJS 40
5.5.3. BANCO DE DADOS E KNEX 40
5.5.4. AXIOS E INSOMNIA 41
5.5.5. REACT NATIVE 42
5.5.6. HTML E CSS 43
5.5.7. EXPO E ANDROID STUDIO 44
6. CHECKAPP 45
6.1. LOGIN 45
6.2. BUSCAR HOSPITAL OU EQUIPAMENTO 47
6.3. TELA DO EQUIPAMENTO 47
6.3.1. CRIAR MANUTENÇÃO CORRETIVA 48
6.3.2. ORDEM DE SERVIÇO DA MANUTENÇÃO CORRETIVA 49
6.3.3. CRIAR MANUTENÇÃO PLANEJADA 50
6.3.4. ORDEM DE SERVIÇO DA MANUTENÇÃO PLANEJADA 53
6.3.5. HISTÓRICO DE MANUTENÇÕES 54
6.4. TELA DE HOSPITAL 55
6.4.1. BUSCA DE EQUIPAMENTO 56
6.4.2. GRÁFICO DE SITUAÇÕES DAS MANUTENÇÕES 57
6.4.3. MANUTENÇÕES EM ABERTO 58
6.4.4. LOCALIZAÇÃO DO HOSPITAL 60
7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS 61
7.1. TRABALHOS FUTUROS 62
8. REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO 63

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Equipamento de Ultrassom *Philips Affiniti* 70.....7
Figura 2.2: Imagem resultante de ultrassonografia obstétrica.....7
Figura 2.3: Equipamento de raio-X.....8
Figura 2.4: Imagem da radiografia.....9
Figura 2.5: Arco cirúrgico em C.....9
Figura 2.6: Passos da conversão de energia em um Arco-Cirúrgico.....10
Figura 2.7: Posicionamento de paciente em aparelho de TC.....11
Figura 2.8: Tomografia de um crânio.....11
Figura 2.9: Angiógrafo *Siemens Artis Zee*.....12
Figura 2.10: (a)Artérias coronárias normais no lado esquerdo do coração e (b) artérias coronárias normais no lado direito do coração.....13
Figura 2.11: Equipamento de Ressonância Magnética por Imagem.....13
Figura 2.12: Imagem resultante de um exame de ressonância magnética da cabeça.....14
Figura 3.1: Áreas de abrangência de um engenheiro clínico.....17
Figura 4.1: Etapas da evolução da manutenção.....18
Figura 4.2: Atividades para manutenção corretiva de um EMH.....22
Figura 4.3: Exemplo de rotina da MP em EMH.....24
Figura 5.1: Ciclo de vida do equipamento.....27
Figura 5.2: Organograma do método CVDS clássico utilizado.....30
Figura 5.3: Diagramas da UML.....32
Figura 5.4: Diagrama de Entidade e Relacionamento.....35
Figura 5.5: Exemplo de imagem com resultado inesperado.....38
Figura 5.6: Atores ideais.....39
Figura 5.7: Diagrama de caso de uso do CheckApp.....40
Figura 5.8: Tela de busca por hospital.....41
Figura 5.9: Tela de busca por equipamento.....41
Figura 5.10: Tela do hospital selecionado permitindo a busca por equipamento.....42
Figura 5.11: Tela do equipamento.....43
Figura 5.12: (a) Tela de criação da manutenção corretiva e (b) Tela de criação da manutenção preventiva 44
Figura 5.13: Tela de histórico de manutenções de um determinado equipamento.....46
Figura 5.14: Conceito de desenvolvimento nativo com *React Native*.....50
Figura 6.1: (a) Tela de *Preload* e (b) tela de *Login*.....53

Figura 6.2: Mensagem de erro.....54
Figura 6.3: (a) Busca por estabelecimento de saúde e (b) busca por equipamento….....55
Figura 6.4:Tela de menu do equipamento.....56
Figura 6.5: (a) e (b) Tela de criação de manutenção corretiva de ultrassom.....57
Figura 6.6: (a) Mensagem e (b) ordem de serviço da manutenção corretiva.....58
Figura 6.7: (a) e (b) Tela de criação de manutenção planejada de Ressonância Magnética por Imagem.....62
Figura 6.8: Ordem de serviço da manutenção planejada criada.....63
Figura 6.9: Tela de histórico de manutenções de uma MRI.....64
Figura 6.10: (a) e (b) Tela de manutenção planejada de uma MRIU já salva.....64
Figura 6.11: (a) e (b) Tela do Hospital Universitário Onofre Lopes com busca por equipamento.....65
Figura 6.12: (a) Gráfico de situações das manutenções e (b) campo de seleção do ano das manutenções realizadas.....66
Figura 6.13: (a) e (b) tela do hospital Universitário Onofre Lopes.....67
Figura 6.14: (a) e (b) tela de edição/atualização de manutenção.....68
Figura 6.15: Exemplo da manutenção n° 4.....68
Figura 6.16: Tela do *Google Maps* marcando a localização do Hospital Universitário Onofre Lopes.....69

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Classificação manutenção corretiva.....21
Tabela 6.1: Tabela de itens dos *checklists* dos equipamentos cadastrados.....59

LISTA DE ABREVIAÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

EMH – Equipamentos médico-hospitalares

EB – Engenharia Biomédica

EC – Engenharia Clínica

TC – Tomografia Computadorizada

EMAs – Equipamentos Médico-Assistenciais

SI – Sistema de informação

DIS - *Design* Instrucional Sistemático

DIC - *Design* Instrucional Contextualizado

DCU - *Design* Centrado no Usuário

CVDS – Ciclo de Vida de Desenvolvimento de Sistemas

UML – Linguagem de modelagem Unificada

DER – Diagrama de Entidade e Relacionamento

MER – Modelo de Entidade Relacionamento

JS – *JavaScript*

SGBD – Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados

SGBDR – Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados Relacional

HTTP – *Hypertext Transfer Protocol*

JSON – *JavaScript Object Notation*

API – Interface de Programação de Aplicações

DOM – *Document Object Model*

HTML – *Hyper Text Markup Language*

CSS – *Cascading Style Sheet*

SOUZA, Luan Santos de. **CheckApp - Sistema móvel para auxiliar os profissionais de campo responsáveis pelas manutenções dos equipamentos médico hospitalares complexos**. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 83 p., 2021.

RESUMO

Os equipamentos médico-hospitalares (EMH) sob regime da Vigilância Sanitária compreendem todos os equipamentos de uso em saúde com finalidade médica, odontológica, laboratorial ou fisioterápica, e ainda os com finalidade de embelezamento e estética. Esses equipamentos podem ser classificados como de baixa complexidade e de alta complexidade, em que esses demandam profissionais qualificados e treinamento especializado e são o foco deste trabalho. A manutenção dos EMH são responsabilidade do setor de Engenharia Clínica (EC).

A engenharia clínica trabalha com a aplicação de técnicas de gerenciamento e garantia de qualidade dos equipamentos e tecnologias em saúde. Para uma melhor gestão dos EMH, são implementados sistemas de informação nos estabelecimentos de saúde, a fim de reduzir o custo e o tempo na realização desses serviços. Os profissionais da EC são empregados em diversos campos, incluindo o ramo de vendas e serviços, onde garantem que os clientes tenham suporte no serviço pós-venda como manutenção e reparo, exercendo atividades em campo. Para auxílio nessas atividades, que necessitam de deslocamento constante, as aplicações móveis (parte do conceito de *mHealth*) se tornam ferramentas importantes para fácil acesso à informação, rapidez e praticidade no dia a dia.

Com o intuito de contribuir, o objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento do sistema CheckApp para gerenciamento de manutenções de EMH, evidenciando nas necessidades dos profissionais que realizam atividades em campo.

Palavras-chave: engenharia clínica, equipamentos médico-hospitalares, gerenciamento de manutenções, ordens de serviço, sistema de gestão de equipamentos, aplicação móvel.

SOUZA, Luan Santos de. **CheckApp - Mobile system to assist field professionals responsible for the maintenance of complex medical equipment.** Conclusion Work Project, Biomedical Engineering Bachelor Degree, Federal University of Rio Grande do Norte, 83 p., 2021.

ABTRACT

Hospital medical equipment (EMH) under the Health Surveillance regime comprises all health equipment for medical, dental, laboratory or physiotherapy purposes, as well as those for the purpose of beautification and aesthetics. This equipment can be classified as low complexity and high complexity, in which these require qualified professionals and specialized training and are the focus of this work. The maintenance of EMH is the responsibility of the Clinical Engineering (EC) sector.

Clinical engineering works with the application of management techniques and quality assurance of health equipment and technologies. For a better management of EMH, information systems are implemented in health establishments, to reduce the cost and time in performing these services. EC professionals are employed in several fields, including sales and services, where they ensure that customers have support in the after-sales service such as maintenance and repair, performing activities in the field. To aid in these activities, which require constant displacement, mobile applications (part of the mHealth concept) become important tools for easy access to information, speed and practicality on a daily basis.

In order to contribute, the objective of this work was the development of the CheckApp system for managing EMH maintenance, focusing on the needs of professionals who carry out activities in the field.

Key words: clinical engineering, medical equipment, maintenance management, service orders, equipment management system, mobile application.

1. INTRODUÇÃO

Os equipamentos médico-hospitalares (EMH) sob regime da Vigilância Sanitária compreendem todos os equipamentos de uso em saúde com finalidade médica, odontológica, laboratorial ou fisioterápica, e ainda os com finalidade de embelezamento e estética (ANVISA, 2010). Os EMH estão inseridos na categoria de produtos para a saúde, outrora denominados de correlatos, em conjunto com os materiais de uso em saúde e os produtos de diagnóstico de uso *in vitro* (ANVISA, 2010).

Segundo Quadri (2017), melhorar processos é uma ação básica para as organizações responderem às mudanças que ocorrem constantemente em seu ambiente de atuação e para manter o sistema produtivo e competitivo. No processo de melhoria, é de suma importância ter a equipe atuando para evitar que ocorram falhas não previstas, e ainda na correção de falhas identificadas. Na área da saúde existem falhas que são inadmissíveis, pois, muitas vezes, vidas dependem do funcionamento correto dos equipamentos. Para minimizar falhas, ou para a correção, são utilizadas determinadas técnicas de manutenção, como a preventiva/planejada e a corretiva, respectivamente.

Realizada de forma periódica, a manutenção planejada segue as normas de cada equipamento, envolvendo limpeza e testes de função/segurança, enquanto à corretiva procede em caso de avaria do equipamento (MOHFW, 2010).

O intenso crescimento do mercado desses equipamentos demonstrou que é de suma importância uma gestão de tecnologia eficaz, buscando sempre uma ótima qualidade e o menor custo possível, desde a aquisição até sua alienação. Com isso, o profissional responsável direto no gerenciamento dos equipamentos e pelo parque tecnológico dentro do estabelecimento de saúde é o engenheiro clínico. O *American College of Clinical Engineering* (ACCE) define o engenheiro clínico como “É aquele profissional que aplica e desenvolve os conhecimentos de engenharia e práticas gerenciais às tecnologias de saúde, para proporcionar uma melhoria nos cuidados dispensados ao paciente” (DYRO, 2004).

Dessa forma, os profissionais de campo juntamente com os engenheiros clínicos, executam processos que devem ser seguidos à risca para consolidar padrões de qualidade mais elevados em seus serviços. No entanto, sem a ajuda de sistemas informatizados, torna-se difícil para as organizações processar

grandes quantidades de dados e acessá-los imediatamente. Diante dessa realidade, o conceito de *m-Health* faz-se como uma boa solução. De forma literal, *m-Health* significa “saúde móvel”, que no contexto deste projeto significa o uso, por aplicações relacionadas a saúde, aparelhos móveis como *smartphones*, *tablets* e *notebooks* e uma grande infraestrutura de redes de comunicação já existentes (ISTEPANIAM; WOODWARD, 2016).

Nesse contexto, a proposta deste trabalho constitui no desenvolvimento de um sistema baseado em *m-Health* denominado CheckApp, uma aplicação móvel. A motivação para o desenvolvimento desse sistema sendo uma ferramenta de gerenciamento, tem como objetivo de facilitar o trabalho dos engenheiros e técnicos de campo durante o atendimento aos estabelecimentos de saúde na criação das manutenções corretivas e/ou planejadas (preventivas), tendo acesso as ordens de serviço e ao histórico de manutenções de cada equipamento facilitando o processo de tomada de decisão dos profissionais envolvidos principalmente com informações de como foram executadas as manutenções obtidas pelo banco de ordem de serviços.

1.1. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento do sistema CheckApp para gerenciamento de ordem de serviços de EMH focado nas necessidades do(a) engenheiro(a) e/ou técnico(a) responsáveis pelas manutenções.

1.1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para o desenvolvimento deste sistema, foi necessário abordar os seguintes pontos:

- Conhecer e entender metodologias de desenvolvimento de sistemas;
- Estudar sobre aplicações móveis na área da saúde;
- Pesquisar e estudar sobre os *frameworks*, ferramentas e linguagem que serão utilizadas;
- Levantar os requisitos do sistema;
- Modelar as relações do banco de dados e a interface do usuário;
- Implementar a aplicação a partir dos requisitos;
- Simulação teste do sistema desenvolvido.

1.2. ESTADO DA ARTE

Piccinini et al. (2016) em sua dissertação, desenvolve um sistema de gerenciamento de EMH 100% web e multiplataforma chamado SIGEMH para ser utilizado internamente nos hospitais pela Engenharia Clínica (EC) responsável pelas manutenções dos equipamentos médico-hospitalares. Alguns requisitos do sistema foram a aplicação de um método de priorização para as manutenções corretivas e preventivas, o armazenamento de normas técnicas e apresentação de formulários individuas para cada EMH. Logo após o desenvolvimento ocorreram roteiros de testes para o SIGEMH. Para medição de usabilidade do sistema foi utilizado o *System Usability Scale* (SUS) e ao fim se comparou com outros *softwares* existentes no marcado.

Pessoa (2019) buscou desenvolver um protótipo de sistema *web* para concentrar todos os processos operacionais envolvidos na gestão dos equipamentos e leitos hospitalares. Além disso, possibilitar o gerenciamento do parque tecnológico e rastrear os equipamentos que dão suporte aos leitos da UTI para os pacientes internados. As necessidades dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS) foram pontos chave para o levantamento dos requisitos, modelagem e desenvolvimento do sistema.

Silva et al. (2016) em sua pesquisa objetivaram desenvolver um sistema de suporte ao gerenciamento à manutenção de Equipamentos Médico-Assistenciais (EMAs), para a redução do uso de papéis, organizar informações de forma eficaz e apoiar o processo de tomada de decisão para ser utilizado pelos profissionais da área de EC responsáveis pelas EAS. A metodologia foi baseada em orientar a equipe de manutenção a gerenciar suas atividades e compreender sua importância. O sistema desenvolvido, batizado como SisEclin (Sistema de Engenharia Clínica), pode organizar as informações de forma ágil e segura, reduzindo o uso de informações preenchidas previamente no formulário, auxiliar na tomada de decisão através de relatórios e painéis de indicadores, e segundo o gestor do EAS, o sistema pode ser aprimorado na organização.

Lima (2008) em seu trabalho, teve o intuito de fornecer uma solução de *software* que ofereça suporte na tomada de decisões e controle efetivo de todo parque tecnológico médico-hospitalar, desde o processo de compra, ciclo de vida

á obsolescência. O método adotado inicial para levantamento de requisições foi o *Rational Unifield Process* (RUP) através de entrevistas, mas após algumas dificuldades optou-se pela JUDE (*Software* livre).

Cavalcante (2018) em seu projeto objetivou desenvolver um protótipo de aplicativo móvel com orientações para as gestantes sobre os cuidados no período gestacional. Com isso, a autora realizou uma pesquisa de produção tecnológica, caracterizada pelo processo de desenvolvimento e criação de um novo produto. Neste trabalho foi concluído que o protótipo, após ser submetido a avaliações técnicas e funcionais, demonstrou viabilidade em ser desenvolvido por completo, sendo mais uma fonte de informação segura e oportuna para as gestantes.

Silva (2017) em sua dissertação, objetivou desenvolver um aplicativo para gerenciamento da manutenção do sistema elétrico de potência da UFRN. O sistema desenvolvido pelo autor permite, além do gerenciamento, o registro de movimento de equipamentos caso apresente alguma avaria e necessite ser deslocado e o cadastro das ocorrências do dia a dia. Ao fim com o plano de manutenção desenvolvido para o caso concreto constituiu a ferramenta adequada para uma gestão moderna dos equipamentos e instalações do sistema elétrico.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Para o desenvolvimento e implementação do projeto proposto neste trabalho, houve um estudo prévio na linguagem utilizada e nos métodos de desenvolvimento de sistemas, principalmente para aplicações móveis. Foram realizadas pesquisas com o intuito de compreender melhor sobre a rotina das manutenções dos equipamentos médico-hospitalares, além da rotina dos profissionais responsáveis por essas atividades.

Portanto, este trabalho foi dividido em 7 seções descritas a seguir. Após a introdução na Seção 1, a Seção 2 aborda assuntos relacionados aos equipamentos médico-hospitalares, discutindo conceitos, classificações e principalmente definindo os equipamentos explorados no trabalho. Na Seção 3, descreve o conceito de engenharia clínica e explica as atribuições do engenheiro clínico. A Seção 4 aborda sobre manutenções em equipamentos médico-hospitalares, conceitos e classificação. A Seção 5, expõe sobre sistemas de gerenciamento de

equipamentos, discorre sobre aplicações móveis e o método de desenvolvimento utilizado nesse trabalho, além das tecnologias utilizadas. Na Seção 6, apresenta o sistema criado (CheckApp) e são discutidos os resultados do trabalho e por fim, na Seção 7 apresentados as conclusões e trabalhos/perspectivas futuras.

2. EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES

Os equipamentos médicos são definidos como todos os equipamentos de uso em saúde com finalidade médica, odontológica, laboratorial ou fisioterápica, sendo empregados direta ou indiretamente para diagnóstico, reabilitação ou monitorização dos pacientes (ANVISA, 2010). Os EMH são categorizados como produtos para a saúde, também determinados de correlatos (ANVISA, 2010).

O bom gerenciamento de equipamentos médicos pode fornecer uma maior eficácia nos processos, seja adquirindo tecnologias que substituam tecnologias antigas, melhorando os processos atuais, seja introduzindo novas tecnologias ou equipamentos integrados para alterar o nível dos serviços médicos fornecidos pelos hospitais. A tecnologia também pode ser um mecanismo poderoso para aumentar a segurança dos serviços médicos. Para pacientes, o tratamento médico mais avançado traz esperança de cura (FREIRE, 2012).

2.1. EQUIPAMENTOS DE BAIXA COMPLEXIDADE

Um EMH de baixa complexidade, descrito como aquele em que a diversidade dos circuitos eletrônicos e/ou mecânicos não dificultam a manutenção. Os profissionais envolvidos não precisam ser especializados em equipamentos médicos e o treinamento necessário pode ser considerado simples (CALIL; GOMIDE, 2002). Nesse caso, esse trabalho não terá enfoque para este tipo de equipamento.

2.2. EQUIPAMENTO DE ALTA COMPLEXIDADE

Os equipamentos de alta complexidade são aqueles que demandam profissionais qualificados e com treinamento bastante especializado. Geralmente são profissionais com ensino de nível superior (CALIL; GOMIDE, 2002).

2.2.1. ULTRASSOM

Uma máquina de Ultrassom, conforme mostrado na Figura 2.1, consiste em um aparelho móvel que produz ondas sonoras ultrassônicas (acima da faixa de audição dos seres humanos) que refletem em diferentes camadas do tecido corporal. O transdutor, após a emissão das ondas sonoras, detecta os ecos característicos de cada estrutura biológica e os converte em sinais elétricos. Esses

sinais são convertidos em imagens e exibidos na tela do equipamento. A imagem está baseada na frequência e intensidade do sinal sonoro e no tempo que levou para os ecos retornarem (LIVE SCIENCE, 2014).

Figura 2.1: Equipamento de Ultrassom *Philips Affiniti* 70.

Fonte: (PHILIPS, 2021)

A ultrassonografia descrita como uma das técnicas por imagem não-invasivas mais amplamente utilizadas em diagnósticos médicos. Técnica de imagem interativa na qual o operador mantém o transdutor em contato com o paciente e observa as imagens da anatomia interna em tempo real (HOSKINS, 2019). A imagem que resulta do exame de ultrassonografia foi exemplificada na Figura 2.2.

Figura 2.2: Imagem resultante de ultrassonografia obstétrica.

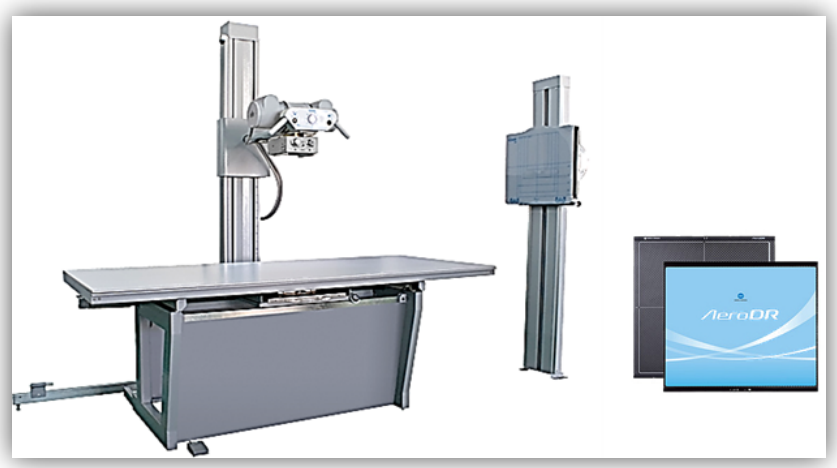
Fonte: (TESLA, 2021)

O aparelho de Ultrassom, pode ser utilizado para as mais diversas aplicações, como no caso do ecocardiograma, um exame de ultrassonografia do coração, transformando as ondas sonoras em imagem.

2.2.2. RAIO-X

O raio-X, conforme exemplificado na Figura 2.3, utiliza de feixes de energia eletromagnética invisível para reproduzir imagens dos tecidos internos, ossos e órgãos em um filme, em um processo chamado de radiografia. O uso desse equipamento pode se dar pelas mais diversas razões, desde lesões ósseas até diagnóstico de tumores (LIGA, 2021).

Figura 2.3: Equipamento de raio-X.

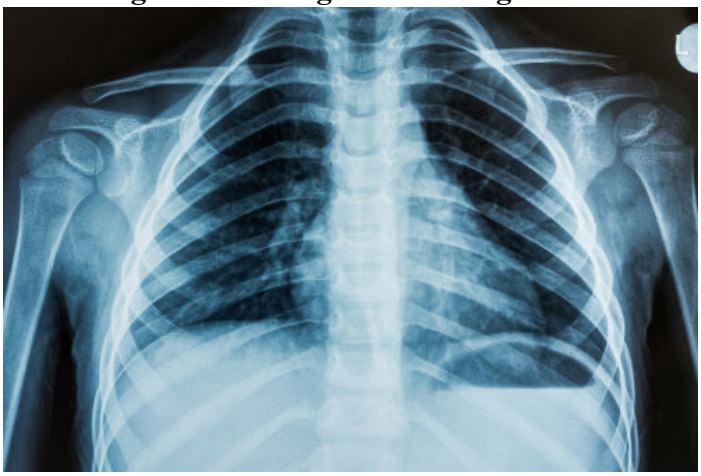


Fonte: (FORUM SAUDE DIGITAL, 2021)

Na radiografia convencional, o tubo de raio X produz os feixes de energia que passam através do corpo e são capturados atrás do paciente por um detector; um filme sensível aos raios ou um detector digital. Há variações na absorção dos raios X pelos diferentes tecidos dentro do corpo humano, ossos densos absorvem mais radiação, enquanto tecidos leves permitem uma menor absorção. Essa variação produz um contraste nas imagens para dar uma representação 2D de todas as estruturas do paciente (WHO, 2021).

Os raios x gerados pelo equipamento atravessam tecidos e fibras musculares, enquanto o tecido ósseo absorve essa radiação. Ao passar pelo paciente, os raios se chocam com uma chapa fotográfica escurecendo os pontos de impacto e formando uma “fotografia” dos ossos. A Figura 2.4 ilustra o resultado desse processo.

Figura 2.4: Imagem da radiografia.



Fonte: (BRASIL ESCOLA, 2021).

2.2.3. ARCO CIRÚRGICO

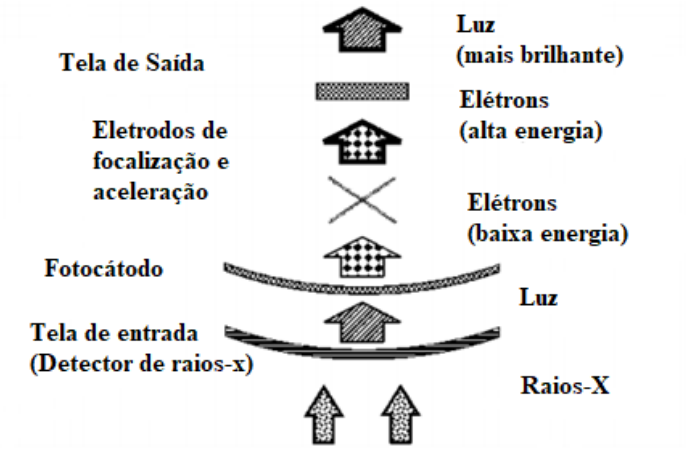
O arco cirúrgico, conforme mostrado na Figura 2.5, converte os raios-X emitidos em uma imagem de tons de cinza, permitindo a gravação de imagens, bem como a visualização sem adaptação ao escuro (BALTER, 1999).

Figura 2.5: Arco cirúrgico em C.

Fonte: (MRTECH, 2021)

A Fluorescência, um processo físico de conversão de energia de raios X em luz visível. As duas etapas principais são a absorção de fótons de raios X pelo cristal de fósforo e a subsequente emissão de muitos fótons visíveis do cristal. As telas de fluoroscopia modernas podem detectar mais da metade dos raios incidentes (BALTER, 1999). Geralmente, a porção do detector de raio X tem um braço em formato C usado em salas de operação. A Figura 2.6 ilustra a sequência dos passos da conversão de energia que ocorre no arco cirúrgico.

Figura 2.6: Passos da conversão de energia em um arco cirúrgico.

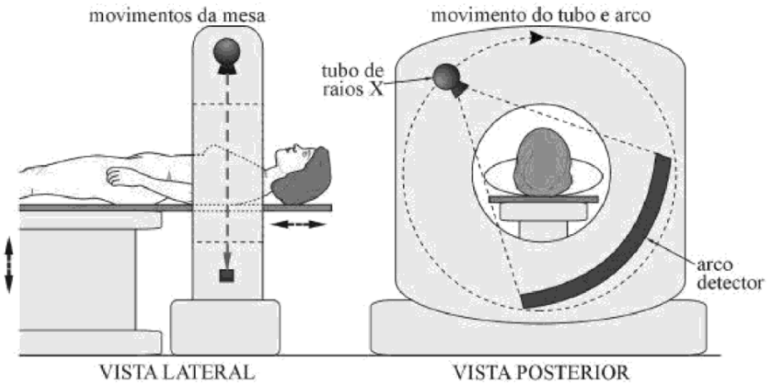


Fonte: (BALTER, 1999)

2.2.4. TOMÓGRAFO

O aparelho de Tomografia Computadorizada (TC) permite que, com o auxílio de um computador, seja obtida a imagem de um corte anatômico axial. O diferencial desse equipamento para a tomografia convencional está no gerador de raios X que se movimenta de forma circular ou semicircular ao redor do objeto que a imagem deve ser adquirida, e essa radiação captada por detectores posicionados em posições opostas ao tubo que gera os raios X (MOURAO, 2018). Como ilustrado na Figura 2.7, temos a vista lateral com deslocamentos da mesa e vista posterior com movimento giratório do tubo de raios X em torno do paciente.

Figura 2.7: Posicionamento de paciente em aparelho de TC.

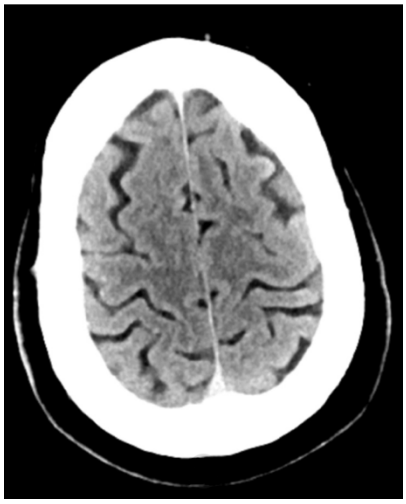


Fonte: (MOURAO, 2018)

Os equipamentos de TC permitem que as estruturas internas do corpo humano sejam observadas por meio de imagens de cortes anatômicos, de modo que as alterações do tecido possam ser estudadas para o diagnóstico e pequenos procedimentos cirúrgicos. Portanto, quando se suspeita que há uma alteração em

determinado órgão, a aquisição de uma série de imagens de cortes consecutivos daquele órgão permite observar todo o seu volume e encontrar a alteração, se ela existe e se pode ser diagnosticada por imagens tomográficas (MOURAO, 2018). A Figura 2.8 mostra a imagem resultante de um exame de tomografia de crânio realizada em um adulto de 30 anos.

Figura 2.8: Tomografia de um crânio.

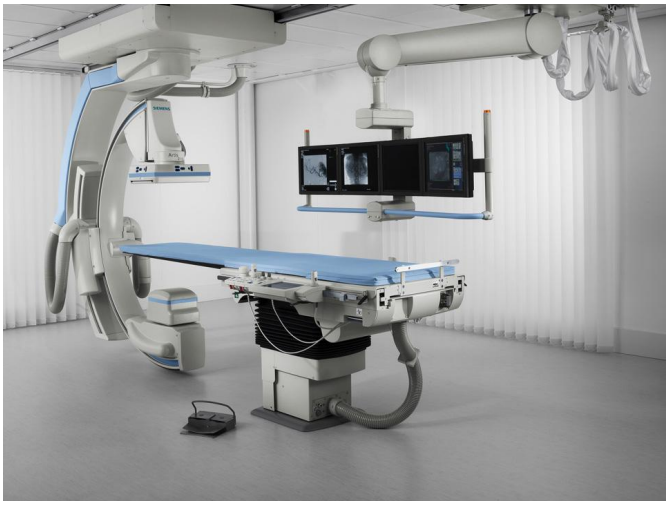


Fonte: (MSDMANUALS, 2021)

2.2.5. ANGIÓGRAFO

O angiógrafo, exemplificado na Figura 2.9, um equipamento que permite os processos de fluoroscopia intervencional utilizando radiação ionizante para orientação, já que pequenos instrumentos como cateteres, fios-guia, balões e *stents* são manipulados através de vasos sanguíneos e artérias (MILLER, 2008). Procedimento esse conhecido como angiografia.

Figura 2.9: Angiógrafo *Siemens Artis Zee*.

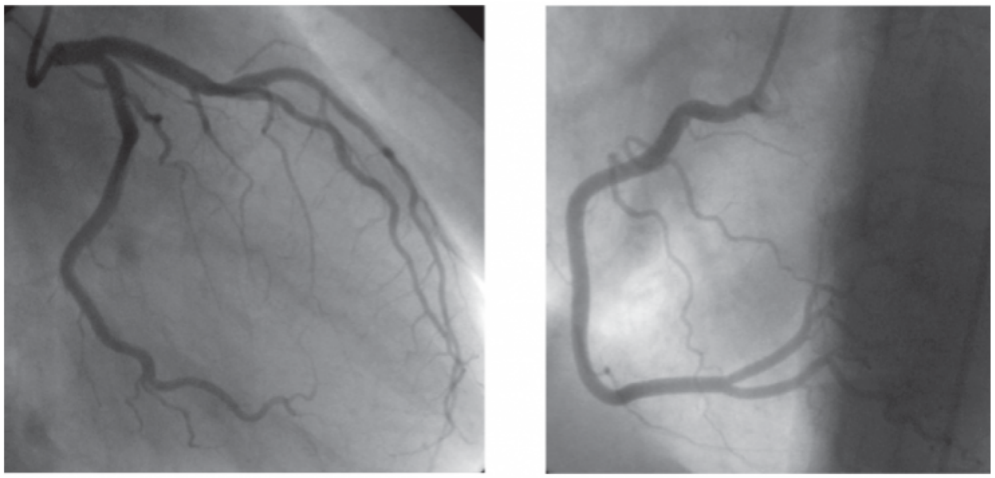


Fonte: (SIEMENS HEALTHINEERS, 2021)

A angiografia se realiza através da inserção de tubos finos chamados de cateteres, em uma artéria na virilha ou no braço. Ao injetar um corante de raios-X, chamado meio de contraste, em uma artéria ou veia, será possível obter imagens do curso e do fluxo dos vasos sanguíneos, exemplificado na Figura 2.10. Se houver alguma situação anormal, o procedimento de angiografia se torna uma angioplastia, o que envolve a inserção de balões e/ou *stents* para prover um melhor fluxo sanguíneo (HEALTHCARE IMAGING SERVICES, 2021).

Em comparação com procedimentos cirúrgicos abertos, os procedimentos de fluoroscopia intervencionista requerem uma incisão muito pequena e permitem tempos de recuperação mais curtos. Frequentemente, também apresentam taxas de complicações mais baixas. Diante disso, os procedimentos menos invasivos se tornaram muito comuns e estão substituindo os procedimentos cirúrgicos abertos (MILLER, 2008), se tornando bem mais vantajosos.

Figura 2.10: (a) Artérias coronárias normais no lado esquerdo do coração e (b) artérias coronárias normais no lado direito do coração.



(a) **(b)**

Fonte: (HEART FOUNDATION, 2021)

2.2.6. RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Como o próprio nome diz, a Ressonância Magnética por Imagem (RMI), conforme mostrado na Figura 2.11, utiliza de um forte campo magnético para criar imagens dos tecidos biológicos. A força do campo magnético estático criado por uma máquina de ressonância magnética é geralmente de pelo menos 1.5 Tesla (1.5 T), contudo alguns estabelecimentos de saúde estão adquirindo aparelhos de 3 Tesla (3.0 T) com o intuito de melhorar a qualidade das imagens e prover maior acurácia nos diagnósticos de cada paciente. Para criar as imagens, o equipamento

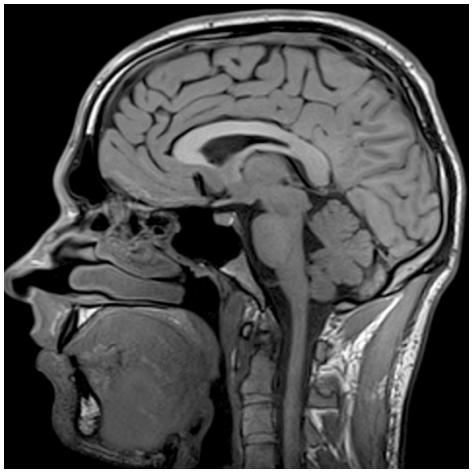
usa uma série de gradientes magnéticos variáveis e campos magnéticos oscilantes, conhecido como uma sequência de pulso (HUETTEL *et al.*, 2004).

Figura 2.11: Equipamento de Ressonância Magnética por Imagem.

Fonte: (ABC, 2021)

Dependendo da sequência de pulso utilizada, o equipamento de ressonância magnética pode detectar diferentes propriedades dos tecidos e distinguir entre esses tipos de tecidos. Por exemplo, uma RMI do joelho pode revelar se os ligamentos estão intactos ou rompidos, e ainda o mesmo equipamento permite detectar as diferenças entre a matéria cinza e branca. Diferentes sequências de pulsos podem ser utilizadas seja para criar imagens sensíveis a tumores, seja para anormalidades nos vasos sanguíneos, abrindo um leque de aplicações. Essa capacidade de examinar os diversos tipos de tecidos biológicos torna esse equipamento uma ferramenta clínica excepcionalmente flexível e poderosa (HUETTEL *et al.*, 2004). A Figura 2.12 mostra a imagem resultante de um exame de ressonância magnética.

Figura 2.12: Imagem resultante de um exame de ressonância magnética da cabeça.



Fonte: (AFFORDABLEMRI, 2021)

3. ENGENHARIA CLÍNICA

As sementes para iniciar a engenharia clínica foram plantadas em St. Louis em 10 de janeiro de 1942, e um curso de manutenção de equipamentos médicos de 12 semanas oferecido pelas Forças Armadas dos EUA foi criado. O curso resultou em uma escola de manutenção de equipamentos médicos do exército em Denver, Colorado, e na Ala de Treinamento da Força Aérea na Base Aérea de Shepard, no Texas (GORDON, 1990).

Na década de 70, Thomas Hargest, o primeiro engenheiro clínico certificado da história, juntamente com César Cáceres cunharam o termo engenheiro clínico, para designar o engenheiro responsável pelo gerenciamento de equipamentos hospitalares, através de manutenções, treinamento de usuários, verificação da segurança e desempenho, e especificações técnicas para aquisição (GORDON, 1990). Com isso, a carreira de engenheiro clínico começou a se estabelecer nos Estados Unidos, berço da engenharia clínica mundial.

O principal objetivo do surgimento da engenharia clínica foi melhorar a segurança e prevenir queimaduras e choques elétricos. No Brasil, fatores como o alto custo das manutenções, escassez de recursos para aquisição das novas tecnologias que vinham aparecendo no mercado, a falta de infraestrutura dos hospitais e a falta de qualificação dos profissionais impulsionaram a EC em meados da década de 80 (LINS, 2009). A engenharia clínica foi estabelecida como um setor crucial gerindo o parque tecnológico, sendo responsável pela gestão de EMH em todo o ciclo de vida dos equipamentos, consolidando assim o seu estatuto profissional (SIGNORI, 2008).

3.1. ENGENHEIRO CLÍNICO E SUAS ATRIBUIÇÕES

A definição de engenharia clínica pode ser entendida por meio do papel dos profissionais. O ACCE tem a definição de engenheiro clínico como: “O engenheiro clínico é um profissional que auxilia o tratamento do paciente aplicando suas habilidades em engenharia e gerenciamento nas tecnologias aplicadas na saúde” (ACCE, 2021).

Devido ao aumento do número de EMH nos hospitais e o desenvolvimento de novas tecnologias começou-se a surgir a necessidade de um profissional capacitado para instruir e auxiliar tecnicamente os médicos e enfermeiros, no

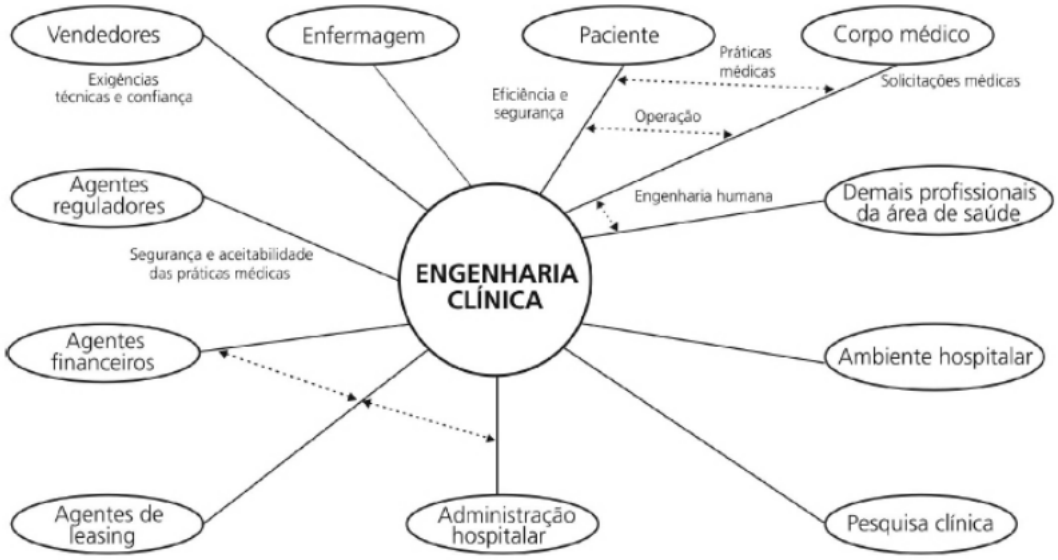
gerenciamento do parque tecnológico do hospital, e esse profissional é o engenheiro clínico (OLIVEIRA, 2004).

Segundo Bronzino (1992) as atribuições de um engenheiro clínico dentro da instituição de saúde são:

- Supervisão do departamento de engenharia clínica do hospital incluindo engenheiros clínicos e/ou técnicos de equipamentos biomédicos;
- Auxiliar na aquisição e realizar a aceitação das novas tecnologias;
- Elaborar projetos de novos equipamentos e sistemas, modificar (em pesquisas) ou reparar os existentes;
- Gestão econômica de calibração de equipamentos médicos e serviço de reparo;
- Elaborar e controlar os contratos de manutenção preventiva/corretiva;
- Estabelecer rotinas para aumentar a vida útil dos EMH;
- Testes de segurança e desempenho de equipamentos médicos, realizados pelos profissionais da EC;
- Controle do inventário dos equipamentos médicos e seus componentes;
- Controlar e acompanhar os serviços de manutenção executados por empresas externas;
- Treinar pessoal para manutenção (técnicos) e operação dos equipamentos (operadores);
- Auxiliar nos projetos de informatização, relacionados aos EMH;
- Desenvolver e implementar os protocolos de documentação exigidos por agências externas de credenciamento e licenciamento;

Dentro das instituições de saúde, muitas áreas estão relacionadas aos serviços de engenharia clínica, como ilustrado na Figura 3.1. Isso requer que os engenheiros clínicos tenham outras habilidades além do conhecimento técnico. Entre todas as características importantes do campo de serviço, os engenheiros clínicos devem ter habilidades de comunicação, cordialidade, segurança e um bom relacionamento interpessoal (GUEDERT, 2006).

Figura 3.1: Áreas de abrangência de um engenheiro clínico.



Fonte: (BRONZINO, 1992)

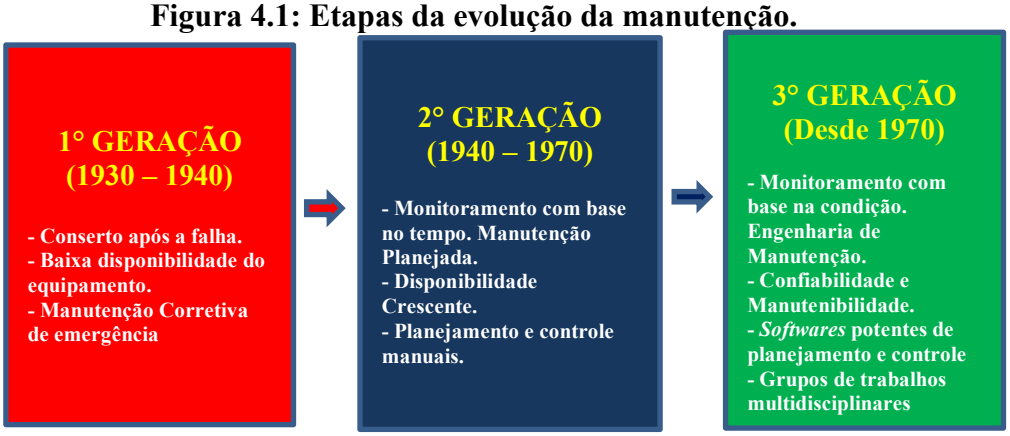
4. MANUTENÇÕES EM EQUIPAMENTOS MÉDICOS

Conforme definido pela norma ABNT NBR 5462 (1994), manutenção foi denominada como a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhas uma função requerida”.

Shohet e Lavy (2004) têm uma definição similar “é garantir a adequação contínua e econômica para o uso dos edifícios em um nível de desempenho especificado”. Nesse sentido, para alcançar um sistema de manutenção com custo eficiente e operacionalmente eficaz, se faz necessário um planejamento estratégico de longo prazo para as diversas manutenções (YOUSEFLI; NASIRI; MOSELHI, 2017).

De acordo com SIEVULI (2001, p.8 apud DE ALMEIDA MORAES, 2004) a evolução da manutenção em um contexto mundial pode ser representada por três gerações descritas a seguir, e resumidas na Figura 4.1:

Figura 4.1: Etapas da evolução da manutenção.



Fonte: (MORAES, 2004)

- A Primeira geração, do período da década de 1930 à 1940, está caracterizada pelo reparo ou manutenção de emergência após uma falha;
- A Segunda geração, do período da década de 1940 à 1970, está caracterizada por maior disponibilidade, maior vida útil do equipamento, intervenção preventiva baseada no tempo de uso após a última intervenção, altos custos de manutenção em relação aos benefícios, planejamento manual e sistema de registro das tarefas e ocorrências de manutenção seguidas pelo uso de computadores grandes e lentos para realizar essas tarefas;
- A terceira geração, a datar da década de 1970, foi marcada por um

aumento significativo na disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, pela melhoria na relação entre o custo e o benefício da manutenção, pelas intervenções nos equipamentos baseadas na análise da condição e no risco da falha, pela melhor qualidade dos produtos, pelo controle dos riscos para a segurança e saúde do trabalhador, preocupações ambientais, por computadores portáteis e rápidos com potentes *softwares* para intervenções e gerenciamento da manutenção, além do surgimento dos grupos de trabalho multidisciplinares.

Enfatiza-se a importância de uma gestão mais prudente no planejamento de manutenções nos ambientes hospitalares, pois além dos aspectos, devemos nos concentrar também na prestação de cuidados aos indivíduos (GOMES; DALCOL, 2001).

Kutucuoglu *et al.* (2001) enfatizou que a satisfação do cliente como outro aspecto da estratégia de manutenção do hospital. Eles apontaram que o desempenho da função de manutenção está influenciando e moldando a satisfação do cliente e a percepção (pública) do hospital.

Rani *et al.* (2015) realizaram pesquisas de satisfação do cliente em alguns departamentos de saúde. Suas descobertas indicam que existe uma relação direta entre a satisfação do cliente e a estratégia de manutenção. Eles destacaram que a manutenção preventiva deve ser a estratégia de manutenção preferida para hospitais. Eles enfatizaram o fato de que as atividades regulares de manutenção são mais atraentes para os usuários do hospital (incluindo pacientes, visitantes e funcionários). Devido à sua natureza imprevisível, na manutenção corretiva, o pessoal pode não estar familiarizado com a causa raiz da avaria, o que pode levar a atrasos, retrabalho, interrupções de serviço e aumento dos custos de manutenção. Nessa perspectiva e diante da temática deste trabalho, foram enfatizados dois tipos de manutenções, a corretiva e a preventiva (planejada).

4.1. MANUTENÇÃO CORRETIVA

Segundo a norma ABNT NBR 5462 (1994), a manutenção corretiva está descrita como a manutenção efetuada após a ocorrência de uma falha (ou pane), destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

A manutenção corretiva surgiu após a Revolução Industrial no século XIX, após o surgimento das máquinas, também surgiu a necessidade de reparos. Desde

então, a necessidade de equipes especializadas indicadas como indispensável (SOUZA, B., *et al*., 2012). Este tipo de manutenção e iniciada por uma pane que não era esperada, onde há necessidade de recolocar o equipamento em condições de uso novamente (DOS REIS, 2009).

Segundo MONCHY (1987), existem dois métodos de aplicação da manutenção corretiva. A primeira é considerada quando aplicada isoladamente, chamada de manutenção catastrófica ou manutenção bombeiro. O segundo método usado como um "suplemento residual" para manutenção preventiva, independentemente de quais medidas preventivas sejam tomadas, sempre haverá uma parte da falha que requer ação corretiva. Esse tipo de manutenção corretiva também denominado manutenção por melhorias.

No Brasil, devido ao custo das peças e materiais, até que a falha seja zero, a manutenção corretiva realizada, resulta no conceito equivocado de economia. Porém, geralmente o custo após a falha se torna muito maior que na manutenção preventiva e em outros tipos de manutenção, devido a compras e contratação de profissionais em caráter emergencial (VILLANUEVA, 2015).

De acordo com Araujo e Santos (2015, apud VILLANUEVA, 2015), as manutenções corretivas resultam na redução do uso anual de equipamentos e máquinas, na redução da vida útil dos equipamentos, máquinas, na redução na vida útil dos equipamentos, máquinas e instalações além de paradas para manutenção em momentos imprevisíveis e, geralmente, inadequados.

Conforme demonstrado na Tabela 4.1, de acordo com a estratégia adotada, as manutenções corretivas podem ser classificadas de duas formas diferentes.

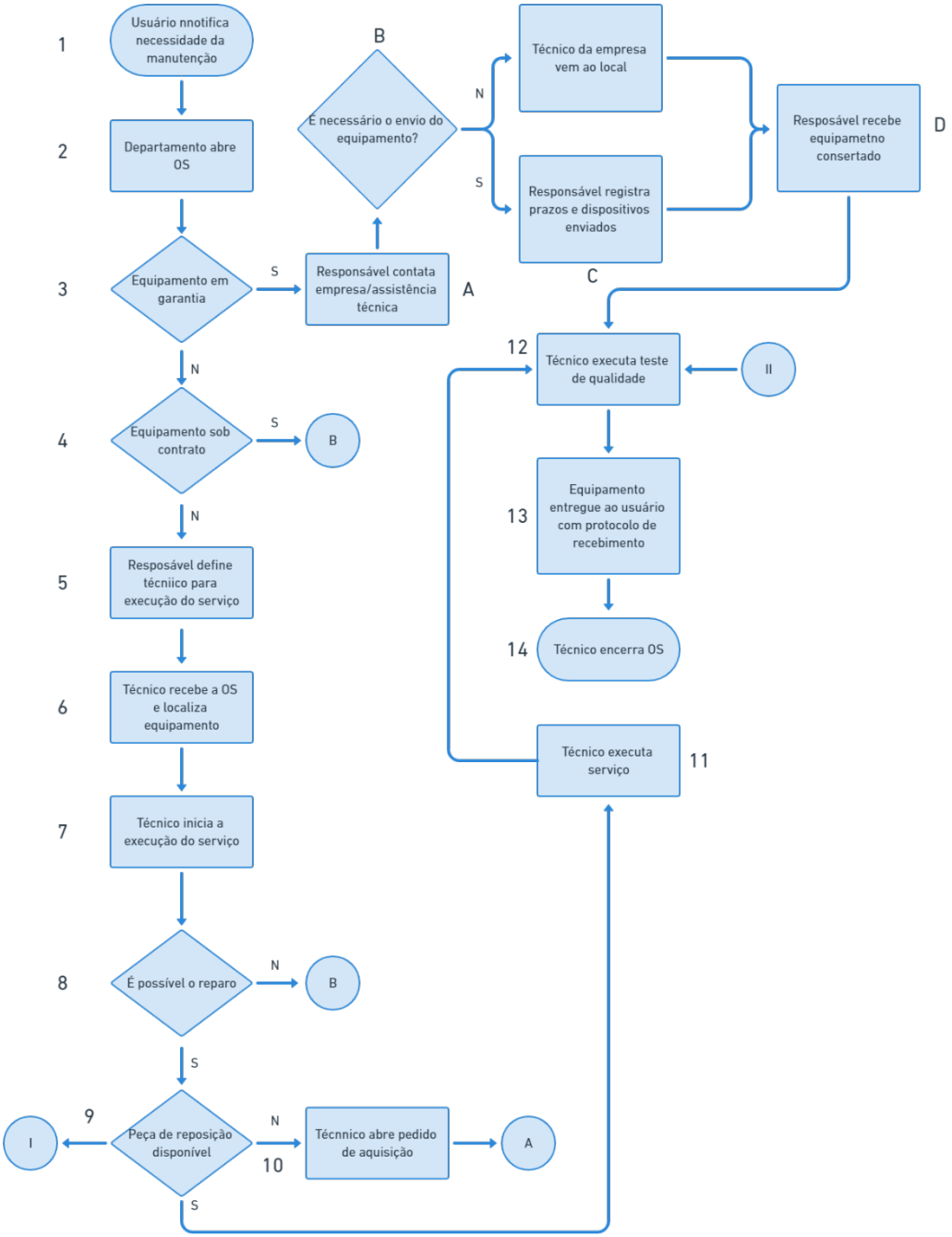
Tabela 4.1: Classificação manutenção corretiva.

Estratégia Adotada	Característica
Manutenção corretiva planejada	Correção que se faz em função de um acompanhamento preditivo, detectivo, ou até pela decisão gerencial de se operar até a falha. Esta decisão, para ser eficaz, deve ser calcada em estudos técnico-financeiros. Decide-se pela manutenção corretiva porque, no equipamento ou componente específico, o custo será menor que outros métodos.
Manutenção corretiva não planejada	Correção da falha de maneira aleatória, ou seja, é a manutenção atuando no momento da falha do equipamento, agindo de forma impulsiva. Caracteriza-se pela ação, sempre após a ocorrência da falha, que é aleatória, e sua adoção leva em conta fatores técnicos e econômicos.

Fonte: (VILLANUEVA, 2015)

No que se refere aos EMH, a manutenção corretiva está relacionada ao resultado de uma série de ações aplicadas para reajuste do equipamento a realizar suas funções normais, melhorando assim a segurança do paciente. A Figura 4.2 ilustra o procedimento da execução das manutenções corretivas no âmbito da engenharia clínica. O presente trabalho terá como foco o caso em que o equipamento está em garantia ou em contrato de manutenção, e existe a necessidade do deslocamento de um técnico da empresa para o local.

Figura 4.2: Atividades para manutenção corretiva de um EMH.



Fonte: adaptado de CALIL e TEIXEIRA (1998).

4.2. MANUTENÇÃO PREVENTIVA (PLANEJADA)

Segundo a norma ABNT NBR 5462 (1994), a Manutenção Preventiva está efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

De acordo com MONCHY (1987) “é a manutenção efetuada com intenção de reduzir probabilidade de falha de um bem ou a degradação e um serviço prestado”.

A manutenção preventiva surgiu na década de 1940. Com o aumento dos voos comerciais e sabendo que a manutenção de aviões no ar seria complicada, novas técnicas de conserto foram desenvolvidas para proteger a segurança de pessoas e bens, neste caso aviões. A manutenção preventiva foi definida como um processo proativo que ajuda a melhorar a confiabilidade e a vida útil dos equipamentos (BALDOINO, 2012).

No que diz respeito EMH, a MP está caracterizada por favorecer economia, confiabilidade e disponibilidade de serviços, instalações e equipamentos nos hospitais. Além desses e outros benefícios, o uso correto de medidas de manutenção preventiva também afeta diretamente os indicadores de qualidade das instituições de saúde e a satisfação de seus clientes (SOUZA, B., *et al.*, 2012).

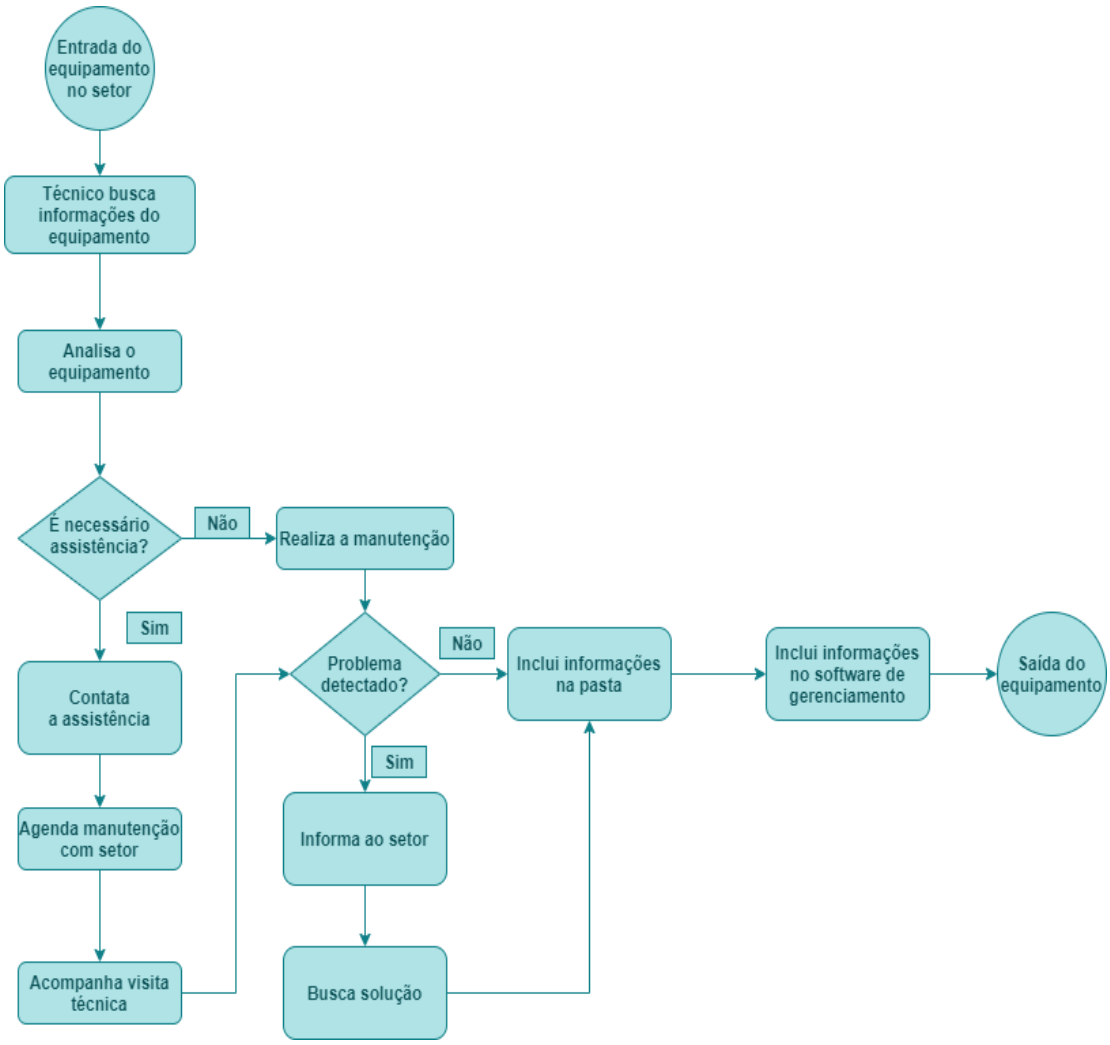
A Figura 4.3 mostra um exemplo de procedimento para realização de uma MP dentro de um estabelecimento de assistência à saúde (EAS).

Segundo Calil e Gomide (2002), o roteiro de uma MP de um EMH seja composto basicamente por procedimentos de:

- **Inspeção geral:** consiste na inspeção visual (verificação da integridade física da carcaça do equipamento e de seus componentes internos, como placas de circuito impresso, folgas, desgastes nas engrenagens e botões, amassados, ou ferrugem na pintura) e limpeza do equipamento (procedimentos a serem feitos, produtos de limpeza utilizados e ferramentas necessárias);
- **Troca de peças e acessórios com a sua vida útil vencida:** essas instruções para substituição de partes e peças normalmente estão incluídas nos manuais do equipamento fornecidos pelos fabricantes;
- **Lubrificação geral:** descrição dos tipos de lubrificantes necessários, periodicidade, locais de aplicação, equipamentos e ferramentas que devem ser utilizados e orientações para abertura do equipamento ou partes dele;

- **Aferição e posterior calibração do equipamento:** como e onde deve ser feita a leitura e verificação de indicadores e níveis (corrente, tensão, potência, rotação, pressão, vazão etc.), quando necessário;
- **Testes de desempenho e de segurança (elétrica, radiológica, mecânica, biológica):** explicação da execução dessa tarefa através da leitura e verificação de níveis de líquidos lubrificantes e indicadores em geral e observação de anomalias como calor, vibração, vazamentos ou odores, quando necessário.

Figura 4.3: Exemplo de rotina da MP em EMH.



Fonte: (QUADRI, 2017)

Além dos itens citados acima, devem ser levadas em consideração as recomendações dos fabricantes e normas governamentais, do EAS ou de algum órgão fiscalizador em que o EMH esteja sujeito.

4.3. HISTÓRICO DE MANUTENÇÕES

Segundo Hiraiwa (2001), todo o trabalho realizado no equipamento, incluindo testes de segurança, manutenção preventiva, calibração e manutenções corretivas executadas pelos técnicos do hospital ou por contratos de serviços, devem ser registrados no histórico de manutenções anexado ao registro do equipamento. Esses registros de manutenção são úteis para verificar o que aconteceu de errado no equipamento no passado, verificar o seu desempenho e prever orçamentos por meio da lista de peças sobressalentes mais importantes e geralmente podem evitar falhas antes que elas ocorram. Como resultado, o tempo de inatividade do equipamento pode ser bastante reduzido.

De acordo com Calil e Gomide (2002) pode se observar o histórico de manutenções corretivas do equipamento para localizar as falhas mais comuns e criar procedimentos específicos para tentar reduzir a ocorrência dessas falhas. Isso prova a importância de preparar o histórico do equipamento. Por menor que seja a intervenção durante o período de manutenção corretiva, ela deve ser registrada no histórico do dispositivo para que possa ser utilizada na preparação do roteiro da MP.

A análise dos registros de manutenção não apenas ajuda a determinar a prioridade dos planos de manutenção preventiva, mas também ajuda a prever a carga de trabalho da equipe e estimar o custo do material e o tempo de reparo de equipamentos semelhantes (HIRAIWA, 2001).

Os registros de manutenção, especialmente os registros das manutenções preventivas, consistem em informações básicas sobre a data, procedimentos realizados e resultados obtidos. Um registro de evento completo e mais preciso caracteriza um fator importante para determinar com sucesso os intervalos de manutenção preventiva, senão indispensável. Deste modo, o profissional responsável pelo registro deve compreender perfeitamente a importância deste trabalho (HIRAIWA, 2001).

5. SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE EQUIPAMENTO

A fim de garantir equipamentos mais seguros, eficazes e econômicos para o atendimento ao paciente, foi necessário um gerenciamento técnico adequado do ciclo de vida, conforme mostrado na Figura 5.1, para aumentar a utilização e estender a vida útil do equipamento (ANVISA, 2010).

Figura 5.1: Ciclo de vida do equipamento.

Fonte: (ANVISA, 2010)

Com a constante evolução tecnológica, os sistemas de gerenciamento foram aplicados também a realidade dos EMH.

De acordo com JOHANSTON (2010, apud SOUZA, C., *et al.*, 2012) um sistema de informação hospitalar, definido como um sistema computadorizado, está instalado em um ambiente hospitalar para registrar informações, de forma que todos os departamentos do hospital que precisam das informações possam compartilhar essas informações.

O avanço dos Sistemas de Informação (SI) nos hospitais foi expressivo, possibilitando que as pessoas integrem informações em um único sistema e não utilizem o computador apenas para realizar operações isoladas e simples. Esse sistema permite a coleta e inserção de todos os dados de um único banco de dados (SOUZA, C., *et al.,* 2012).

Para Oliveira (2007) os sistemas de informações gerenciais, sob determinadas condições, trazem os seguintes aspectos benéficos:

- redução dos custos;

- métodos aprimorados de aquisição de informações podendo gerar relatórios seguros e instantâneos;
- melhoria na produtividade;
- melhoria nos serviços prestados;
- melhoria na tomada de decisões, fornecendo informações rápidas e seguras;
- melhoria a estrutura organizacional da empresa devido o auxílio ao fluxo de informações;
- otimização na prestação de serviços;
- redução do grau de centralização de decisões da empresa;
- redução do trabalho burocrático.

5.1. APLICAÇÕES MÓVEIS NA SAÚDE

Na pesquisa do *Global Observatory for eHealth* (GOe) de 2015, *mHealth* (saúde móvel) foi definida como o uso de dispositivos móveis - como telefones celulares, dispositivos de monitoramento de pacientes, assistentes pessoais digitais (APDs) e dispositivos sem fio - para prática médica e de saúde pública (WHO, 2017).

A fácil mobilidade dos serviços da saúde permite o fornecimento desses serviços as populações remotas e comunidades carentes e proporciona mecanismos para o intercâmbio de dados sobre pacientes e serviços, contribuindo dessa forma para uma cobertura universal de saúde (WHO, 2017).

O principal motivo para atingir esse objetivo foi que esses aplicativos podem ser facilmente acessados em suas respectivas lojas *online*. Portanto, o desenvolvimento de soluções computacionais na forma de aplicativos móveis foi um meio eficaz de disponibilizar ferramentas e atingir o público-alvo desejado. (TIBES; DIAS; ZEM-MASCARENHAS, 2014).

Assim, os aplicativos móveis, utilizados para as mais diversas finalidades (jogos, comunicação, entretenimento e outros), tornaram-se importantes ferramentas da *mHealth*, à medida que permitem suporte remoto a pacientes, autocuidados em saúde, auxílio de políticas públicas na promoção e controle de doenças, além de estimular o usuário a manter ou iniciar práticas benéficas à sua saúde (DE OLIVEIRA *et al*., 2020).

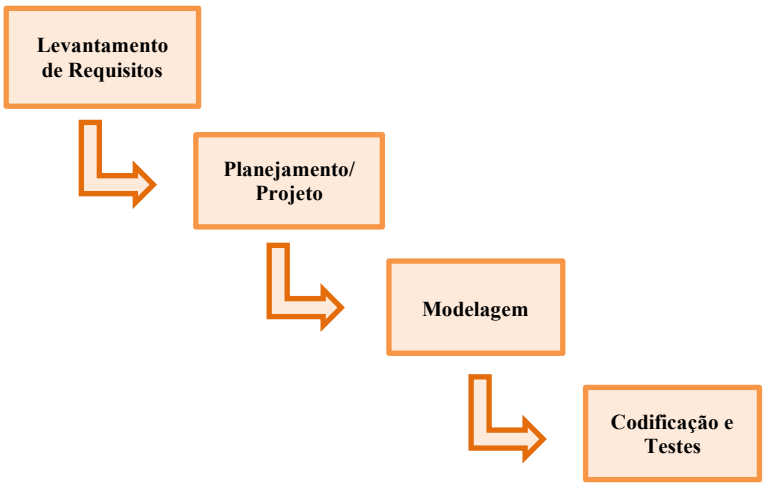
O entusiasmo pelos aplicativos na saúde está impulsionado por três fatores principais: A insustentabilidade dos gastos e custos atuais com saúde; o crescimento acelerado da conectividade sem fio; e a necessidade de medicina individualizada (ISTEPANIAN; WOODWARD, 2016).

No campo de aplicações móveis para a área da saúde existem alguns métodos de desenvolvimento. Segundo Barra (2017) um dos métodos mais difundidos mundialmente é o *Design* Instrucional Sistemático (DIS), em que inclui as etapas de análise, projeto/desenvolvimento, implementação e avaliação. Outro método utilizado para o desenvolvimento de aplicativos móveis em saúde foi o *Design* Instrucional Contextualizado (DIC). Este método usa as mesmas etapas do método DIS, mas as etapas de implementação são realizadas ao mesmo tempo que as etapas de análise / *design*, acrescentando assim novas etapas e adicionando mais detalhes às ferramentas técnicas.

Ainda de acordo com Barra (2017), a abordagem de *Design* Centrado no Usuário (DCU) foi usada para desenvolver aplicações nas áreas de atenção aos idosos e atenção primária (prevenção de doenças crônicas). Um método que estabelece a participação/colaboração entre usuários e *designers* pesquisadores na fase de *design* para desenvolver sistemas computadorizados (ou seja, aplicativos móveis). O estudo que desenvolveu um aplicativo para gerir as contas hospitalares da enfermagem adotou uma abordagem de Ciclo de Vida de Desenvolvimentos de Sistemas (CVDS), esse método tem três formas de desenvolvimento de sistema: ciclo de vida clássico, ciclo de vida em espiral e ciclo de vida de protótipo.

O presente trabalho utilizou do método de CVDS clássico, conforme mostrado na Figura 5.2, uma abordagem sequencial e sistemática, onde o primeiro a ser feito foi o levantamento dos requisitos, depois a fase de planejamento definindo estimativas e cronogramas, após isso ocorreu a modelagem da interface do usuário juntamente com o diagrama relacional do banco, e em seguida o desenvolvimento do sistema com codificação e testes. Esse método foi escolhido devido ao tempo limitado para o desenvolvimento.

Figura 5.2: Organograma do método CVDS clássico utilizado.



Fonte: Produzido pelo autor.

5.2. LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

Os requisitos de *software* constituem um conjunto de ações ou condições que devem existir no sistema. Nas funções a serem desempenhadas pelo *software*, elas não necessariamente possuem características relacionadas a esses conjuntos de requisitos. (OLIVEIRA, 2014).

Na etapa de pré-desenvolvimento do sistema, foram estudadas as atuais necessidades do profissional de campo responsável pelas manutenções nos estabelecimentos de saúde, buscando entender todo o processo e como acontece as rotinas de manutenção, desde a abertura do chamado até o encerramento da ordem de serviço.

Com isso, alguns critérios foram considerados para o desenvolvimento da aplicação. Foram definidos os seguintes requisitos:

I. O sistema deve permitir a busca de equipamentos por hospital;

II. O sistema deve permitir a busca de equipamentos pelo número de série;

III. O sistema deve exibir o histórico de manutenções dos equipamentos;

IV. O sistema deve exibir a situação das manutenções já cadastradas;

V. O sistema deve permitir o cadastro de manutenções corretivas ou planejadas;

VI. O sistema deve exibir o *checklist* de cada tipo de equipamento nas manutenções planejadas;

VII. O sistema deve possibilitar a criação da ordem de serviço com tempo e descrição das atividades ao fim do cadastro da manutenção;

5.3. MODELAGEM DO SISTEMA

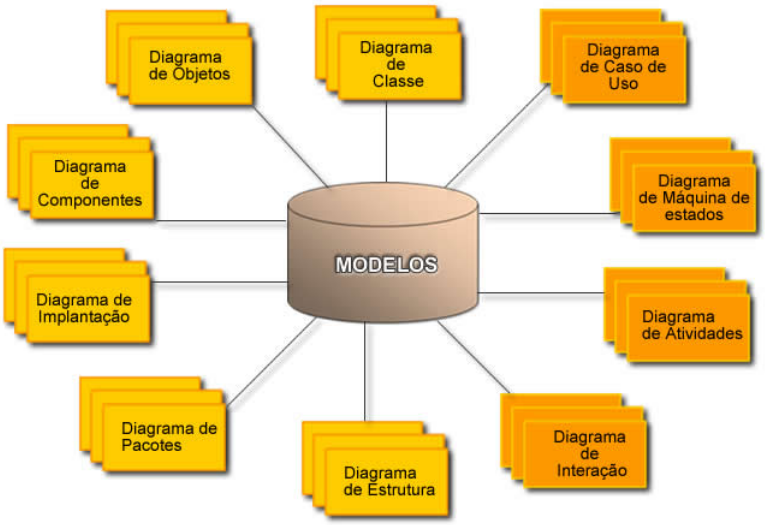
A modelagem da aplicação se deu partir da elaboração de diagramas utilizando a linguagem de modelagem unificada (UML), com o objetivo de auxiliar no desenvolvimento modelando os processos de negócios, simulando as funções que o sistema proposto deverá realizar quando concluído.

Além disso, foram produzidos protótipos de telas para idealizar a *interface* que o usuário irá visualizar e facilitar ao desenvolvedor no momento de implementação.

5.3.1. LINGUAGEM UNIFICADA DE MODELAGEM – UML

A UML, que significa Linguagem Unificada de Modelagem, uma linguagem padrão para modelagem orientada a objetos. De acordo com os criadores da UML Booch, Rumbaugh e Jacobson (BOOCH *et al.*, 2000), essa linguagem de modelagem fornece padronização da arquitetura do projeto. Basicamente, sua função auxilia e visualiza desenhos e a comunicação entre todos os objetos, permitindo aos desenvolvedores enxergar seus produtos de trabalho em diagramas padronizados que ainda estão em fase de modelagem (SANTOS; ALVES, 2015). Os Diagramas da UML, conforme mostrados na Figura 5.3, estão divididos em Estruturais e Comportamentais.

Figura 5.3: Diagramas da UML.



Fonte: (INFOESCOLA, 2021)

Os diagramas Estruturais são os seguintes (OLIVEIRA, 2010):

1) Classe: O diagrama de Classe mostra o conjunto de classes com seus atributos e métodos e os relacionamentos entre classes;

2) Objeto: O diagrama de objetos está relacionado ao diagrama de classes, que na verdade é complementar a esse. Fornece uma visão dos valores armazenados pelos objetos de um diagrama de Classe em um determinado momento da execução do processo do *software*;

3) Componentes: estão associados a linguagens de programação e tem o objetivo de indicar os componentes do *software* e seus relacionamentos;

4) Implantação: determina os requisitos de *hardware* e as características físicas do sistema;

5) Pacotes: representam os subsistemas englobados de forma a determinar partes que o compõem;

6) Estrutura: descreve a estrutura interna de um classificador.

Os diagramas Comportamentais envolvem (OLIVEIRA, 2010):

1) Caso de Uso: É um diagrama geral e informal para fases de levantamento e análise de requisitos do sistema;

2) Máquina de Estados: busca rastrear as mudanças experimentadas pelo objeto no processo;

3) Atividades: descreve as etapas a serem seguidas para concluir a atividade;

4) Interação: subdivide-se em:

   i. Sequência: descreve a ordem temporal em que as mensagens são trocadas entre os objetos;
   ii. Geral interação: variação dos diagramas de atividades que fornece visão geral dentro do sistema ou processo do negócio;
   iii. Comunicação: associado ao diagrama de sequência, concentra e complementa em como os objetos estão vinculados;
   iv. Tempo: descreve a mudança de estado ou condição de uma instância de uma classe ou seu papel durante o tempo.

Independentemente da área, os dados precisam ser armazenados e processados, e neste caso, é fundamental que estes sejam armazenados de forma organizada e permitam acesso efetivo no futuro. Neste sentido, torna-se necessário projetar o banco de dados.

Para facilitar a visualização e arquitetura do banco de dados da aplicação, utilizou-se do Diagrama de Entidade Relacionamento (DER). Segundo Magalhães

e Neto (2010), o DER usa elementos gráficos para descrever o modelo de dados de um sistema com um alto nível de abstração. O DER assume que o mundo real é formado por um conjunto de objetos chamados entidades e as relações entre esses objetos.

5.3.2. DIAGRAMA DE ENTIDADE E RELACIOAMENTO

Anteriormente foi falado sobre a importância que os dados estejam organizados e sejam de fácil acesso quando necessário. O Modelo de Entidade Relacionamento (MER) descreve os objetos (entidades) envolvidos em um domínio de negócios, com suas características (atributos) e como elas se relacionam entre si (relacionamentos). Em geral, esse modelo representa de forma abstrata a estrutura que possuirá o banco de dados.

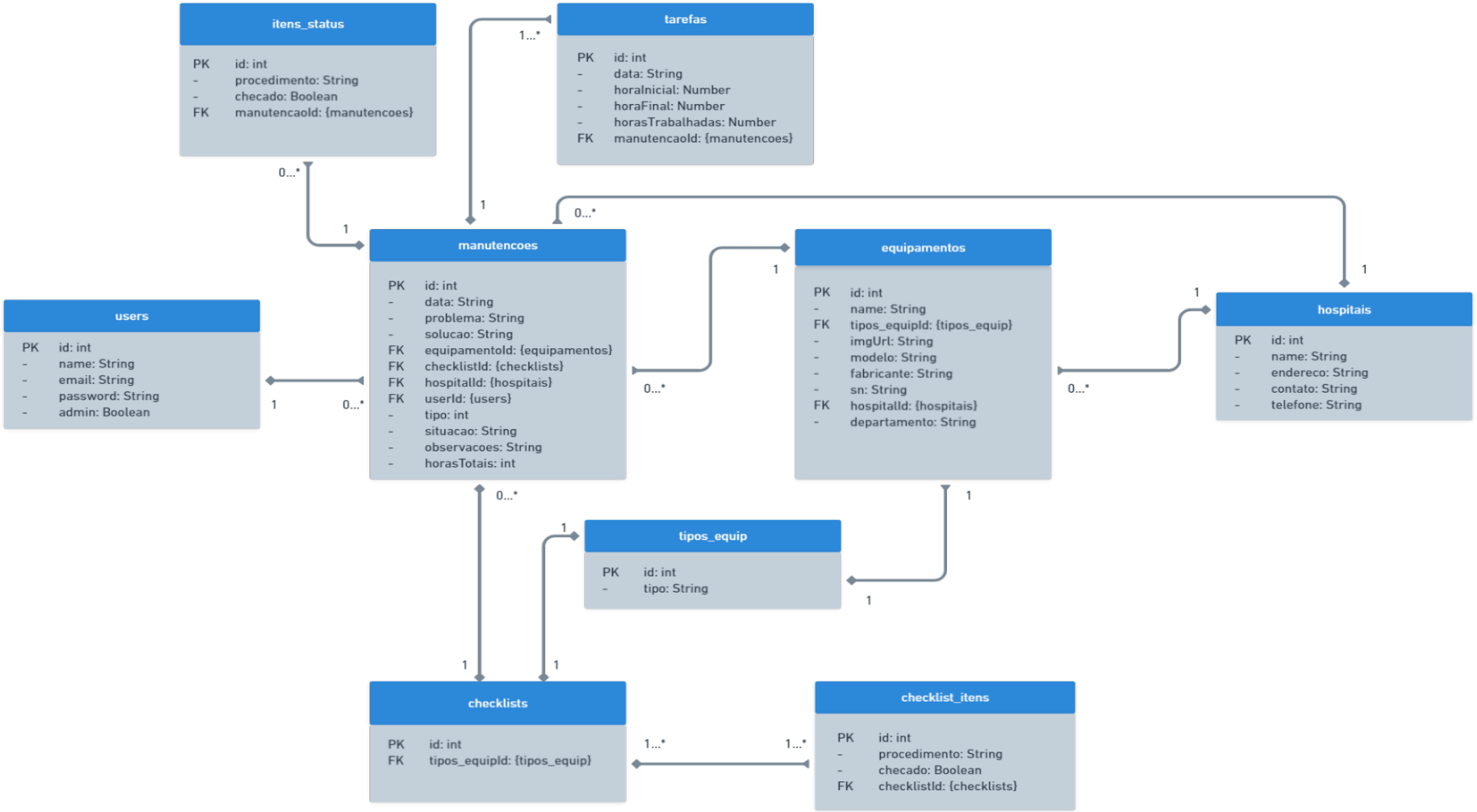
Uma entidade consiste em um objeto que existe e se distingue dos outros objetos, identificando uma única coisa, podendo ser concreta, como um equipamento ou um hospital, ou pode ser abstrata, como o conceito de manutenção ou tipos de equipamentos.

Atributos são as características que descrevem cada entidade dentro do domínio, por exemplo um equipamento possui nome, modelo e fabricante. E relacionamentos, como o próprio nome sugere, define como as entidades se relacionam entre elas. Existem três formas de relacionamentos:

- Relacionamento 1..1 (um para um): Referência de apenas uma unidade da outra. Como exemplo temos que um equipamento só pode ter um tipo de equipamento.
- Relacionamento 1..n ou 1..* (um para muitos): Referência de várias outras unidades de outra entidade. Como exemplo temos que uma manutenção tem apenas um equipamento, mas um equipamento pode ter várias manutenções.
- Relacionamento n..n ou *..* (muitos para muitos): Cada entidade, de ambos os lados, podem referenciar diversas unidades da outra.

O MER caracteriza um modelo conceitual que dependendo da complexidade do sistema, podendo ser tornar muito abstrato. O DER pode ser dado como a representação gráfica de todo esse modelo, conforme mostrado na Figura 5.4.

Figura 5.4: Diagrama de Entidade e Relacionamento.



Fonte: Produzido pelo autor.

5.3.3. DIAGRAMA DE CLASSES

O diagrama de classes, um dos modelos mais comumente usados na linguagem UML. Ele fornece uma visão de como organizar classes, como elas se relacionam entre si e quais são suas propriedades e métodos. (SANTOS, 2019).

De acordo com a Figura 5.5, pode ser observado as interações entre as classes da aplicação, bem como seus atributos, o tipo de dado de cada atributo e os métodos.

Os atributos da classe Hospital são relevantes para o profissional de campo no quesito identificação, juntamente com métodos de buscar equipamento, localizar o estabelecimento de saúde, observar o gráfico da situação das manutenções naquele local e quais manutenções ainda estão em aberto.

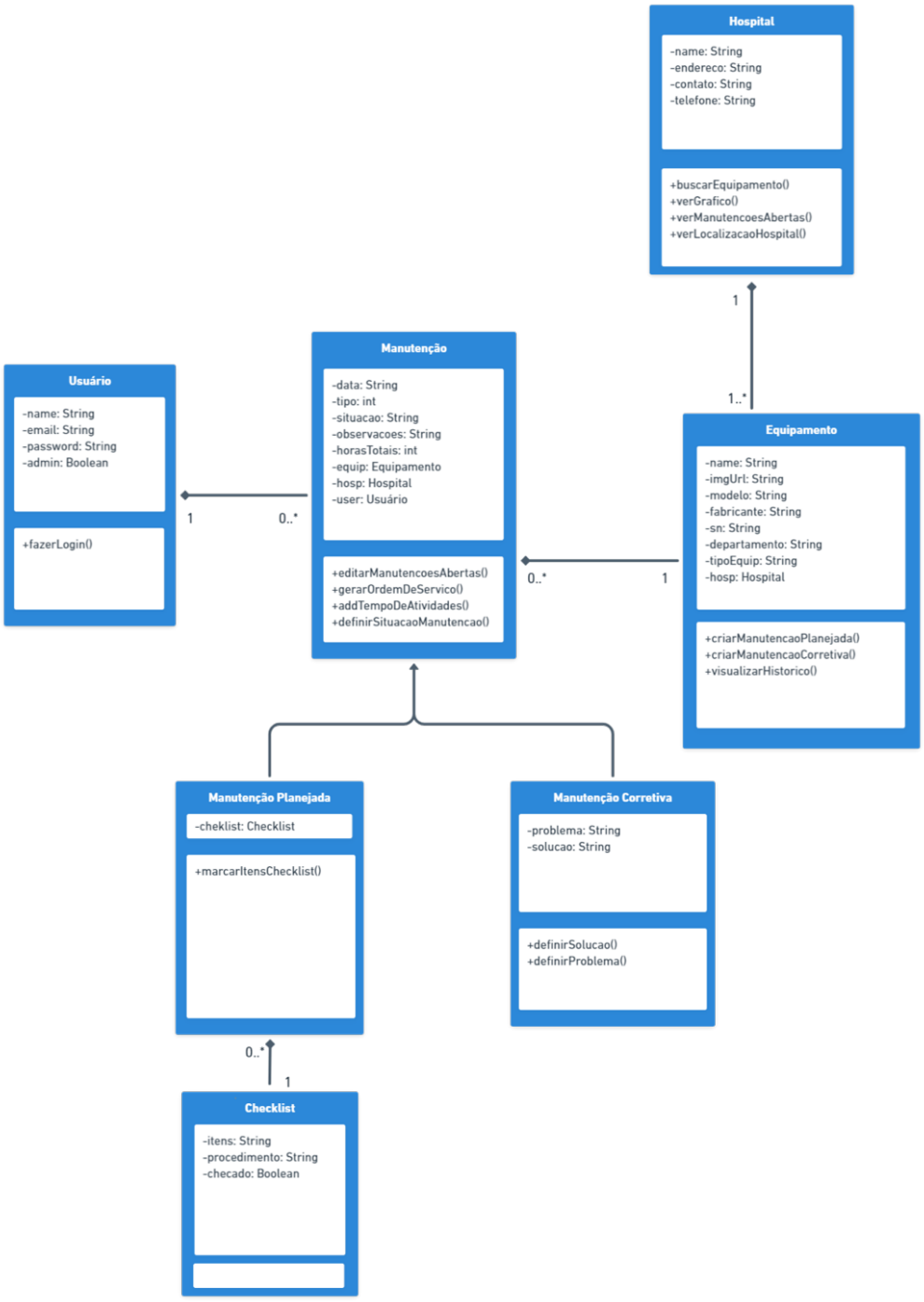
A classe Equipamento, além das suas características singulares apresenta uma instância de hospital, que se relacionam de forma que um equipamento apresenta apenas um hospital vinculado, entretanto o estabelecimento de saúde pode ter vários equipamentos. Ainda em Equipamento, as operações que essa classe pode utilizar são a criação das manutenções (corretivas ou planejadas) e a visualização do histórico dessas manutenções.

Equipamento também se tornou uma instância da classe Manutenção, tendo uma relação de um equipamento para cada manutenção, mas podendo existir de zero à diversas manutenções para o mesmo equipamento. As operações necessárias são de definir o tempo das atividades e a situação da manutenção para permitir a criação da ordem de serviço, que após ser submetida poderá ser editada pelo usuário, permitindo atualizações. Manutenção apresenta seus atributos singulares relevantes para o preenchimento da ordem de serviço, e as instâncias Hospital, Usuário e Equipamento, este citado anteriormente. A classe Usuário apresenta atributos para uma verificação permitindo que o usuário acesso ao sistema caso tenha aprovação, com uma relação de que Manutenção tem um usuário, mas um usuário pode ter entre zero e várias manutenções.

As classes Manutenção Planejada e Manutenção Corretiva generalizam a Manutenção, possuindo todas as características, além das suas específicas. Na Manutenção Corretiva acrescenta-se os atributos que identificam o problema e a solução da falha/avaria, tendo como operações a definição desses atributos para que possam ser utilizados na análise de ocorrências posteriormente. Já a

Manutenção Planejada adiciona a instância *checklist* que apresenta cada procedimento, os itens da lista de atividades que podem ser realizadas e a situação que esses itens se encontram, que, como método da Manutenção Planejada, podem estar marcados como realizados ou não. A relação entre *checklist* e Manutenção se dá de forma que uma manutenção tem apenas um *checklist* e um *checklist* pode estar em diversas manutenções.

Figura 5.5: Diagrama de Classes.

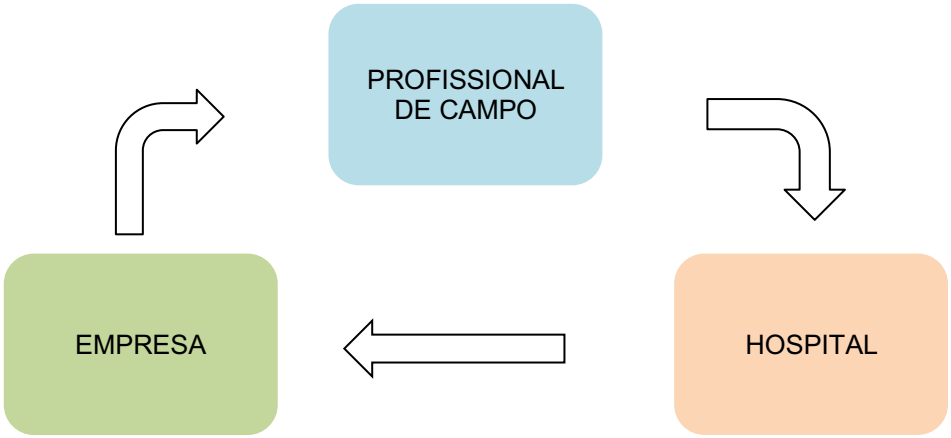


Fonte: Produzido pelo autor.

5.3.4. DIAGRAMA DE CASO DE USO

O diagrama de casos de uso ideal para a aplicação contaria com três principais atores (Figura 5.6), em que esses atores seriam o Hospital (estabelecimento de saúde) que solicitaria a manutenção, seja ela corretiva ou preventiva, à empresa responsável pela venda do EMH repassando informações como número de série do equipamento, o erro/falha que está ocorrendo e uma provável data para a realização da manutenção. A empresa após a entrega do protocolo de abertura de chamado para o hospital, contataria o profissional de campo responsável repassando as informações coletadas, abrindo assim uma ordem de serviço, em que o engenheiro/técnico ficaria encarregado de ir até o estabelecimento de saúde na data marcada para a realização dos processos de manutenção.

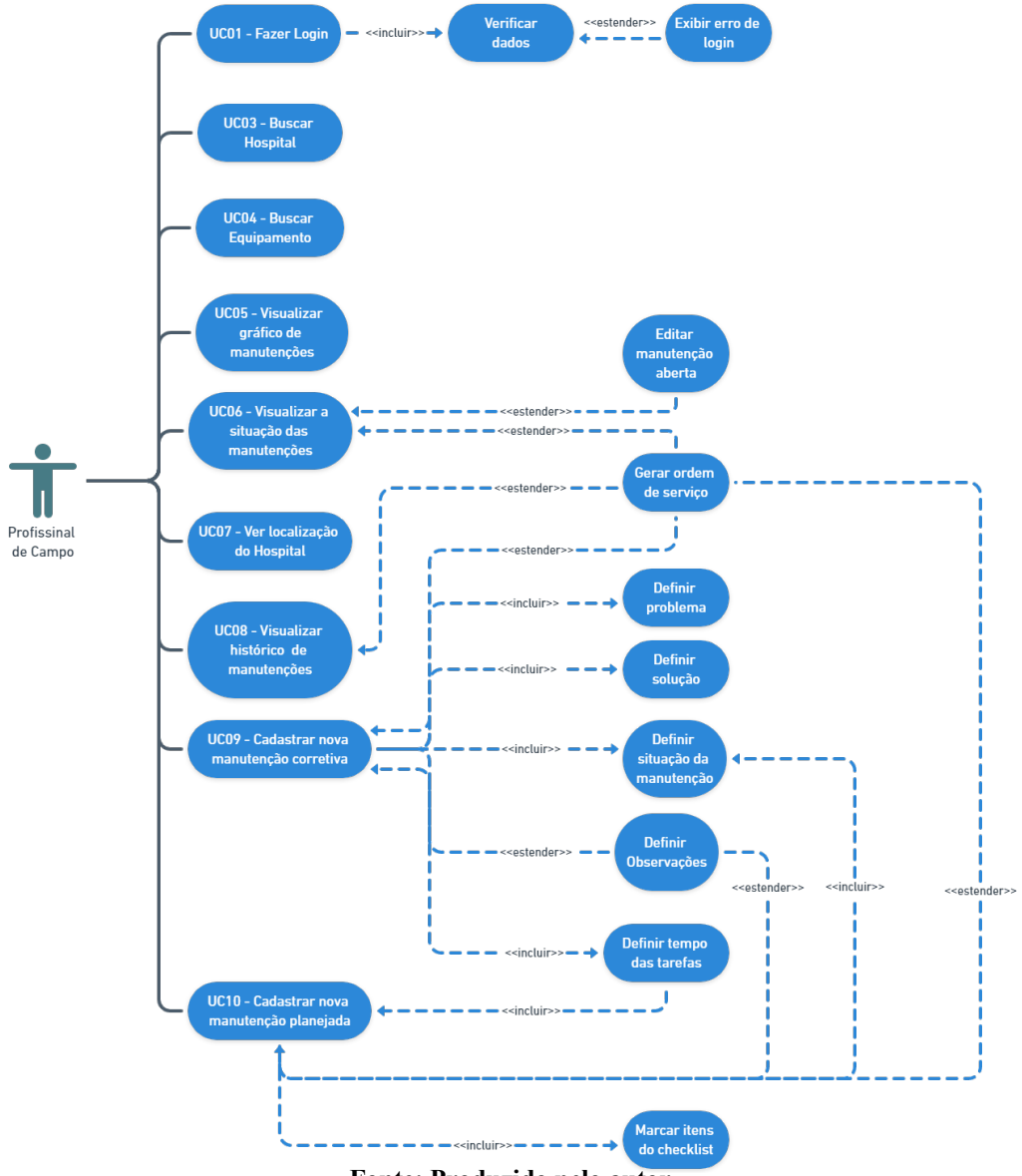
Figura 5.6: Atores ideais.



Fonte: produzido pelo autor

Devido o foco deste trabalho ser o engenheiro(a)/técnico(a) de campo responsável pelo deslocamento e atividades de manutenção, o diagrama de caso de uso, mostrado na Figura 5.7, explica de forma resumida as funcionalidades do sistema permitidas para esse ator.

Figura 5.7: Diagrama de caso de uso do CheckApp.



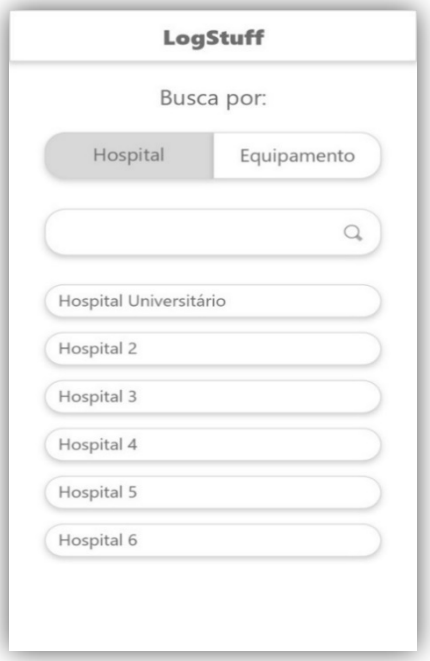
Fonte: Produzido pelo autor.

5.4. INTERFACE DO USUÁRIO

O *design* das telas do sistema como protótipos devem simular alguns aspectos e recursos do *software* servindo como uma validação desta fase. Os protótipos do CheckApp foram montados para validação das telas. Nesta parte da modelagem o protótipo serve para idealizar como ficaria a parte em que o usuário realmente interage com a aplicação.

Inicialmente foram idealizadas as telas em que estariam presentes as principais utilidades do sistema. A primeira delas, conforme mostra a Figura 5.8, foi a busca do hospital ou estabelecimento de saúde pelo usuário, apresentando um filtro pelo nome afim de facilitar a procura.

Figura 5.8: Tela de busca por hospital.



Fonte: Produzido pelo autor.

Caso haja alguma dificuldade na busca do hospital, também está disponibilizado a busca direta pelo equipamento, juntamente com um filtro pelo número de série do aparelho, sendo uma característica exclusiva. Como mostrado na Figura 5.9.

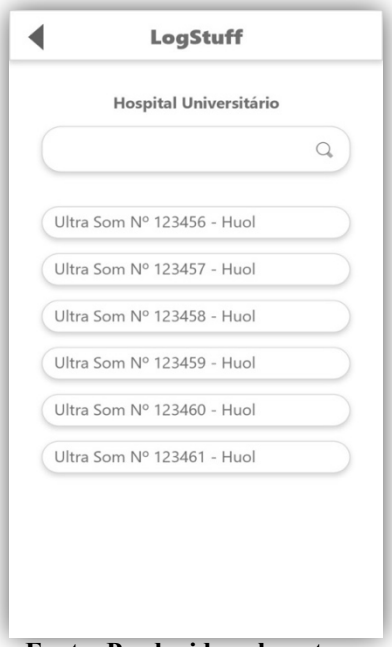
Figura 5.9: Tela de busca por equipamento.

Fonte: Produzido pelo autor.

Ao entrar na tela do hospital selecionado o profissional encontraria uma lista

com os equipamentos vinculados a este estabelecimento de saúde, possibilitando uma filtragem também pelo número de série do equipamento, como ilustrado na Figura 5.10.

Figura 5.10: Tela do hospital selecionado permitindo a busca por equipamento.



Fonte: Produzido pelo autor.

Assim que um equipamento é selecionado, o usuário navega para a tela com as informações do equipamento e algumas possibilidades de ações, com a criação de uma manutenção, seja corretiva ou preventiva, e a visualização do histórico de manutenções daquele equipamento (Figura 5.11).

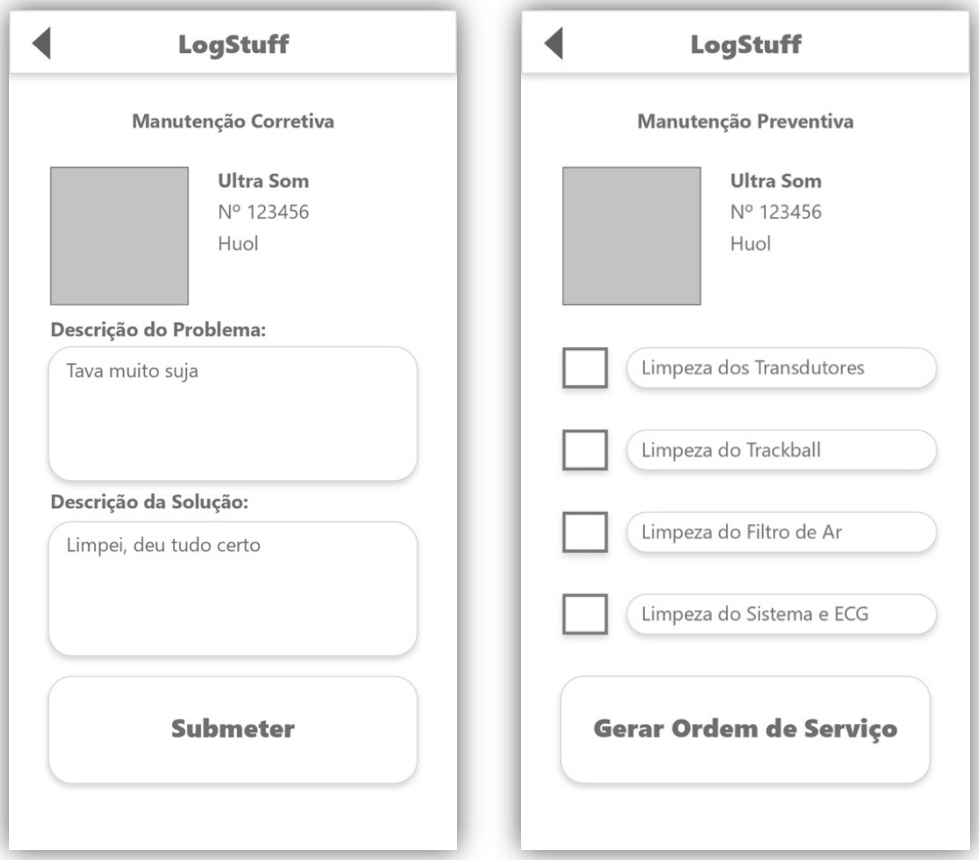
Figura 5.11: Tela do equipamento.

Fonte: Produzido pelo autor.

Caso a necessidade do profissional seja a criação de uma manutenção corretiva, o usuário navegará para tela conforme mostrada na Figura 5.12 (a), em que são necessários o preenchimento principalmente dos problemas e das soluções da avaria.

Se a necessidade for a criação de uma manutenção preventiva, o usuário vai se deparar com a tela conforme mostrada na Figura 5.12 (b), marcando os itens do *checklist* daquela manutenção.

Figura 5.12: (a) Tela de criação da manutenção corretiva e (b) Tela de criação da manutenção preventiva.

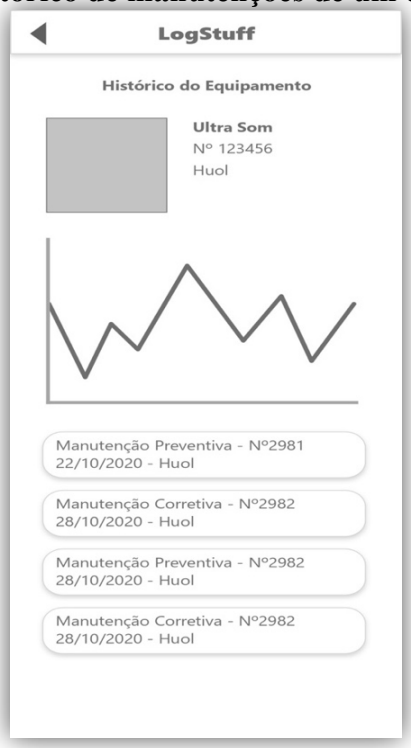


(a) (b)

Fonte: produzido pelo autor.

Como descrito anteriormente na manutenção corretiva, o usuário tem a opção de visualizar o histórico de manutenções de determinado equipamento também para a manutenção preventiva, conforme mostrado na Figura 5.13.

Figura 5.13: Tela de histórico de manutenções de um determinado equipamento.



Fonte: produzido pelo autor.

Ao longo do projeto outras telas foram desenvolvidas, mas não como protótipos, foram diretamente implementadas no decorrer da codificação. A apresentação de todas essas telas estará na seção 6 dos resultados.

5.5. TECNOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO

Esse tópico descreverá os aspectos técnicos para o desenvolvimento do sistema.

5.5.1. AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO

Para a escrita dos códigos do sistema foi escolhido o *Visual Studio Code* na versão 1.54.2, um editor de código-fonte gratuito desenvolvido pela *Microsoft* para *Windows, Linux e MacOs* que permite depuração, destaque de sintaxe, autocompletar de código inteligente, e GIT incorporado. Os *puglins* utilizados no projeto foram o *Live Server*, versão 5.6.1, o Material *Icon Theme*, versão 4.5.0, o *Visual Studio IntelliCode*, na versão 1.2.11, e o *vscode-database* na versão 2.2.3. Segundo o *Stackoverflow* (2021), o *Visual Studio Code* foi classificado como a ferramenta de ambiente de desenvolvedor mais popular, com 50,7% de 87.317

entrevistados relatando que a usam, e ficou em segundo lugar para os desenvolvedores de aplicativos móveis com 53.8% do total, ficando atrás apenas do *Android Studio* com 54,2%.

O *GitHub* foi utilizado como repositório da codificação da aplicação. Uma plataforma de hospedagem de código-fonte com controle de versão usando o *Git*. Ele permite que desenvolvedores, utilitários ou quaisquer usuários cadastrados na plataforma contribuam com projetos privados e/ou *Open Source* em qualquer lugar. Segundo *Womakerscode* (2021), utilizar do *GitHub* proporciona algumas vantagens, que são elas:

- Conter um histórico completo de alterações;
- Permite que vários desenvolvedores trabalhem na mesma base de código;
- É eficiente e leve;
- Repositórios públicos no *GitHub* podem servir como um currículo de codificação.

5.5.2. JAVASCRIPT E NODEJS

A linguagem de desenvolvimento escolhida foi o *JavaScript* (JS), ou seja, toda lógica da aplicação é escrita e interpretada pelo JS. Segundo a Mozilla (2021), criadora da linguagem, o JS como uma linguagem de programação leve, interpretada e orientada a objetos, conhecida como a linguagem de *scripting*, dado por um conjunto de instruções para que uma função seja executada em determinado aplicativo, utilizada tanto em páginas *web* quanto em outros ambientes fora dos navegadores.

O responsável pela utilização do JS fora dos navegadores foi o Node.js, podendo ser definido como um ambiente de execução *Java Script server-side*, ou seja, são operações que ocorrem no lado do servidor, não no cliente. *Node* é uma plataforma com um tempo de execução assíncrono baseado em eventos, projetado para criar aplicativos de redes escalonáveis, permitindo a execução de uma aplicação em uma máquina, não dependendo de um navegador para a execução (NODEJS, 2021).

5.5.3. BANCO DE DADOS E KNEX

Os bancos de dados gerenciam de forma automatizada os dados lá

armazenados como Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados Relacional (SGBDR), ou apenas Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD) (CARVALHO, 2017).

Segundo Carvalho (2017), o modelo de banco de dados relacional foi descrito como os mais usados, principalmente porque tem a capacidade de manter a integridade dos dados quando a estrutura da tabela muda. Isso ocorre porque seu mecanismo de vinculação de tabelas relacionadas torna o trabalho com SGBD relacional muito seguro.

O banco de dados utilizado no desenvolvimento da aplicação foi o *PostgreSQL*. Um SGBD objeto relacional, gratuito, com código fonte aberto. O conceito básico de SGBD relacional é um conjunto de tabelas relacionadas, e estas são compostas por alguns elementos básicos: colunas, linhas e campos.

Como um banco de dados de nível empresarial, o *PostgreSQL* possui funcionalidades sofisticadas como o controle de concorrência multiversionado MVCC, recuperação em um ponto no tempo, espaços de tabelas, replicação assíncrona, transações agrupadas, um sofisticado planejador de consultas (otimizador) e registrador de transações sequencial WAL para tolerância a falhas (PICCININI *et al.*, 2016). Pode ser aplicado em todos os principais sistemas operacionais.

O Knex foi definido como um criador de consultas SQL (*query builder)* para diversos bancos de dados, incluindo o *PostgreSQL*, sendo esse o ambiente mais usado em *Node.js* (KNEX.JS, 2021). Por meio do *JavaScript* unifica a forma de fazer requisições para os bancos SQL, independendo de um banco específico. Para o presente projeto foi de grande importância para a construção das *schemas* e tabelas do banco, permitindo que o conhecimento na linguagem prévia em SQL não fosse necessário. Com isso, o desenvolvimento do projeto teve maior fluidez e rapidez.

5.5.4. AXIOS E INSOMNIA

Para que o usuário/desenvolvedor consiga fazer requisições ao banco de dados, existem algumas ferramentas. O *Axios* indica um cliente *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) baseado em promessas (*Promises*) para fazer requisições, podendo ser utilizado tanto no navegador quando no *Node.js*. HTTP descrito como

um protocolo baseado em correntes de texto, em que, resumidamente, o cliente abre um espaço para falar com o servidor e, nesse espaço envia requisições (*requests*), as quais o servidor responderá com respostas (responses), permitindo que ao inserir um endereço de rede do site na *web* o usuário visualize o conteúdo que lá existe.

Existem diversas outras formas de realizar requisições no protocolo HTTP, entretanto o *Axios* foi escolhido para esse projeto devido a familiaridade com o *JavaScript*. Além disso, essa ferramenta possibilita vantagens como (ROCKETSEAT, 2021):

- Faz requisições HTTP no *Node.js*;
- Suporta a API de promessas (*Promises*);
- Intercepta requisições e respostas;
- Cancela requisições;
- Transforma os dados em *JavaScript Object Notation* (JSON);
- Transforma os dados da requisição e da resposta.

Já para o *Insomnia* um aplicativo multiplataforma criado para facilitar a interação com a Interface de Programação de Aplicações (API) baseadas no protocolo HTTP. Uma API pode ser descrito como um conjunto de rotinas e padrões de programação para acesso a um aplicativo. De forma geral, a principal utilidade do *Insomnia* para o projeto foi a simulação de requisições afim de testar a eficácia das rotas das API's, basicamente simulando ações que o usuário realizaria ao utilizar a aplicação.

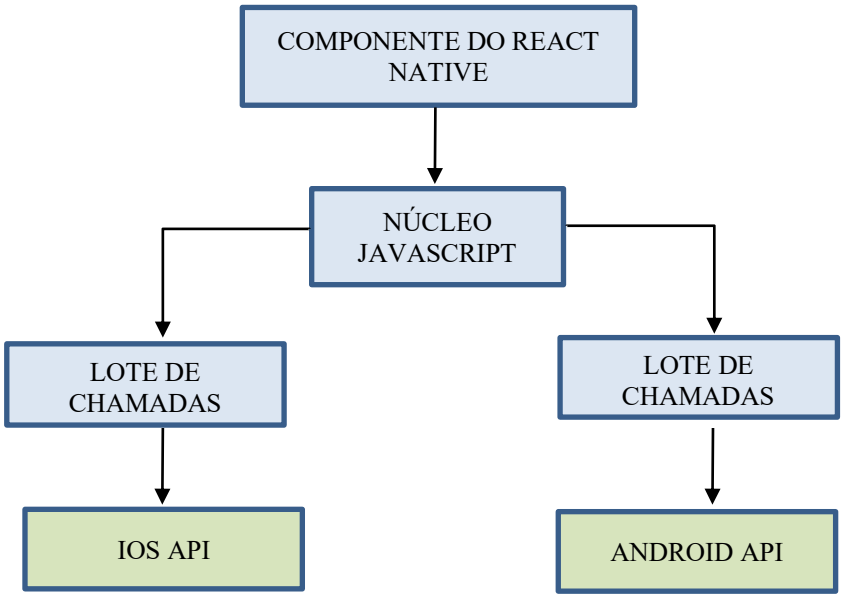
5.5.5. REACT NATIVE

Para o projeto foi utilizado a biblioteca *React Native* na versão SDK 39.0.4. Essa biblioteca formulada em *JavaScript* foi criada pelo *Facebook* e é utilizada para desenvolver aplicativos para sistemas *Androids* e IOS (sistema operacional dos produtos *Apple*) de forma nativa. O desenvolvimento nativo visa criar um *software*/aplicativo para uma plataforma específica, como *Android*, *Windows* ou IOS.

Segundo Boduch (2017), o *React Native* usa uma técnica que faz chamadas assíncronas para o sistema operacional móvel subjacente, que chama as APIs de ferramentas nativas. Há um mecanismo *JavaScript*, e a API *React* que são

basicamente iguais ao *React* para a *web.* A diferença está principalmente com o alvo; em vez de um *Document Object Model* (DOM), uma representação orientada a objetos que podem ser modificadas em uma linguagem de *script*, existem chamadas de API assíncronas. Esse conceito pode ser visto na Figura 5.14.

Figura 5.14: Conceito de desenvolvimento nativo com *React Native*.



Fonte: adaptado de Boduch (2017).

5.5.6.HTML E CSS

Segundo Silva (2008), HTML determinado pela sigla em inglês para *Hyper Text Markup Language*, que, em português, significa linguagem para marcação de hipertexto. Resumidamente, hipertexto representa todo o conteúdo inserido em um documento para a *web* e que tem como principal característica a possibilidade de se interligar a outros documentos da *web*.

O HTML tem seu conjunto de elementos único e predefinido, em que elementos são, genericamente, um par de caracteres, denominado t*ags*, que se destina a servir de container para um texto, uma imagem, um botão, um formulário, etc. (SILVA, 2008).

O HTML foi utilizado nesse projeto para a criação do documento padrão da ordem de serviço, utilizando principalmente elementos de tabela, parágrafos e imagem. Para que os elementos HTML tenham características singulares que utiliza de Folhas de Estilo em Cascata, a tradução em inglês de *Cascading Style*

Sheet (CSS), que segundo Silva (2008), pode ser definido como “um mecanismo simples para adicionar estilos (por exemplo: fontes, cores e espaçamentos) aos documentos *web”*. Para a estilização do aplicativo também foi utilizado de folhas de estilos com definições em CSS, criando objetos de estilos que podiam ser utilizados pelos componentes renderizados.

5.5.7. EXPO E ANDROID STUDIO

No desenvolvimento do sistema, o Expo foi utilizado para a criação da parte do projeto em que o usuário interage com a aplicação. Indicada como uma estrutura e uma plataforma para aplicações *React* universais, definida como um conjunto de ferramentas e serviços criados em torno de plataformas nativas que ajudam a desenvolver, construir, implantar e iterar rapidamente em aplicativos IOS, *Android* e *web* a partir da mesma base de código *JavaScript*.

O Expo permite que, através do seu aplicativo presente nas lojas virtuais, o projeto que está sendo desenvolvido seja executado em tempo real em diversos *smartphones*. Com isso foi utilizado o *Android Studio* para emulação de um aparelho virtual a fim de facilitar o processo de codificação, testes e correções. Faz uso de um ambiente de desenvolvimento integrado para desenvolver para a plataforma *Android*. Foi anunciado em 16 de maio de 2013 numa conferência da *Google*.

Mesmo permitindo o desenvolvimento nativo, *Android* e IOS, pelo *React Native* e Expo, o atual trabalho foi aplicado para *smartphones* com sistema operacional *Android*, tendo como principal motivo a necessidade de um aparelho da *Apple* (*Smartphone*, *tablet* ou *laptop*) para visualização do projeto em construção.

6. CHECKAPP

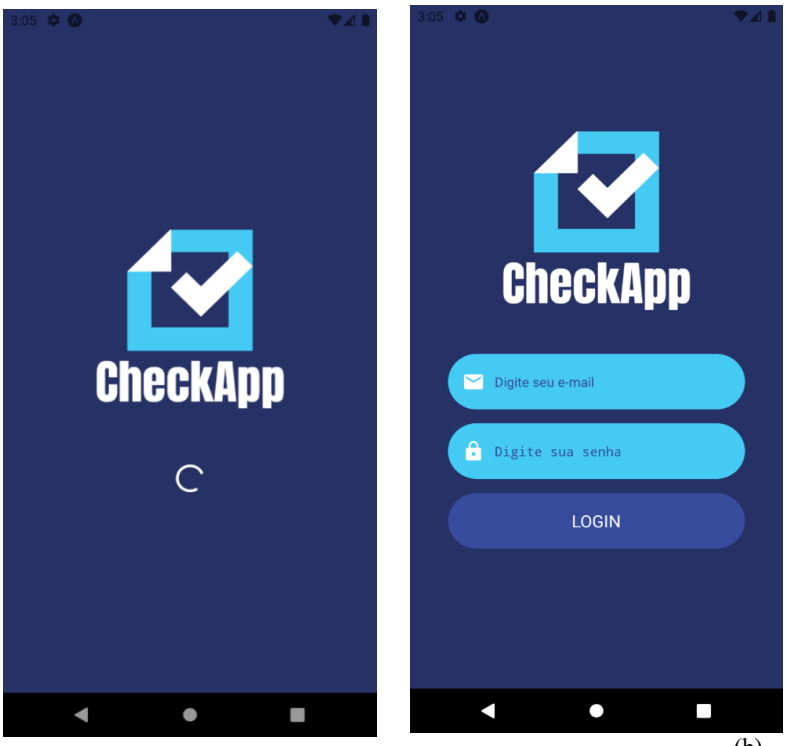
Para a elaboração do referido trabalho foi desenvolvido o CheckApp, um sistema capaz de criar manutenções de EMH, gerar documentos de ordens de serviços, exibir um histórico de manutenções de cada equipamento, listar as manutenções com situação em aberto, exibir um gráfico de situação das manutenções em geral por hospital e indicar a localização do hospital selecionado, além de permitir a edição das manutenções que estão em aberto para atualização e, em todas as manutenções, pode ser visualizado o documento da ordem de serviço. Todos esses procedimentos serão apresentados a seguir.

Os estabelecimentos de saúde cadastrados no CheckApp, que foram simulados no App, são exemplos da cidade de Natal, no Rio Grande do Norte, não importando o porte nem sua especialidade. Para uma maior verossimilhança com processos reais de um profissional de campo, serão cadastrados equipamentos de alta complexidade apenas no Hospital Universitário Onofre Lopes, criando manutenções corretivas e preventivas e nas mais diversas situações para simular a aplicação em uso.

6.1. LOGIN

O profissional ao abrir o aplicativo CheckApp irá se deparar com uma tela de *Preload*, que contêm a logo desenvolvida para o sistema, com o nome e um ícone de carregamento, como demonstrado na Figura 6.1 (a). Como todo sistema, este também está protegido com senha. Só os usuários do sistema podem acessá-lo. Dessa forma, tudo o que o usuário fizer será guardado com a sua assinatura. Para acessar o sistema esse indivíduo tem que fazer seu cadastro com *Login*, seu *e-mail* e senha, conforme Figura 6.1 (b).

Figura 6.1: (a) Tela de *Preload* e (b) tela de *Login*

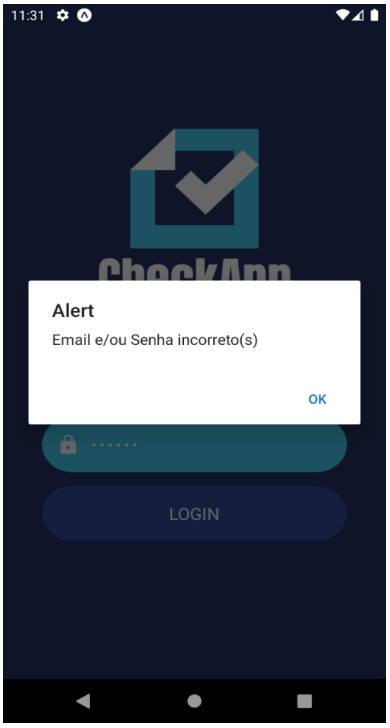


(a) (b)

Fonte: Produzido pelo autor

Caso o usuário informe as credenciais erroneamente, imediatamente ao clicar em "*Login*", irá aparecer uma janela indicando que houve algum equívoco em algum dos campos, conforme demonstrado na Figura 6.2.

Figura 6.2: Mensagem de erro

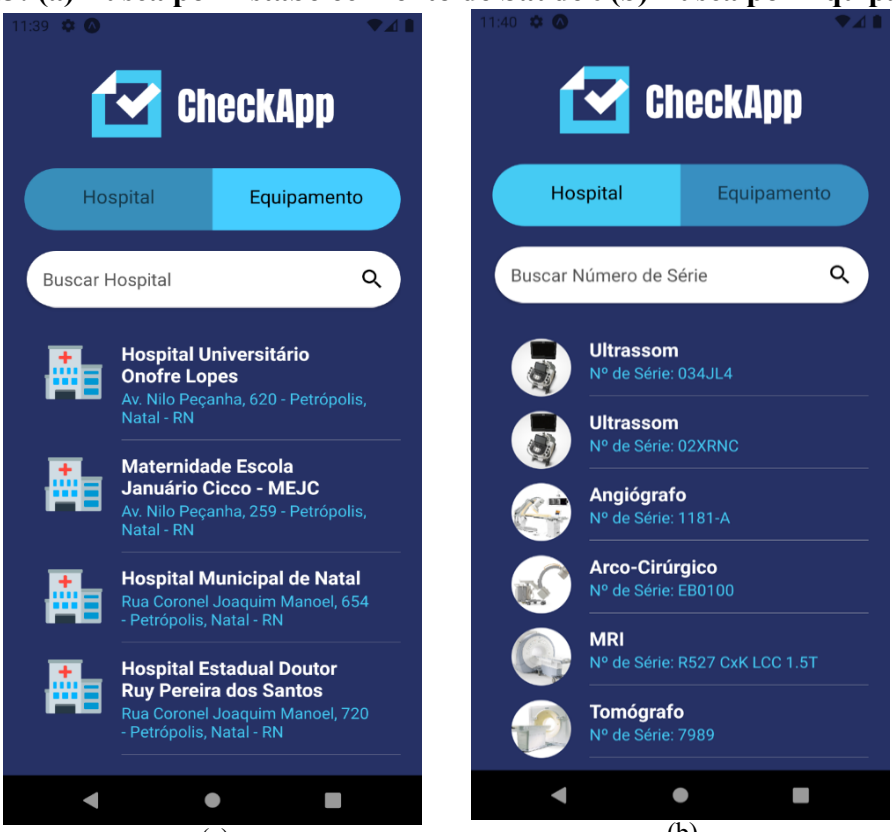


Fonte: Produzido pelo autor.

6.2. BUSCAR HOSPITAL OU EQUIPAMENTO

Ao informar o usuário e senha corretos aparecerá um menu de busca com duas possibilidades: 1) busca dos hospitais, demonstrado na Figura 6.3 (a) e 2) busca direta pelo equipamento ilustrado na Figura 6.3 (b).

Figura 6.3: (a) Busca por Estabelecimento de Saúde e (b) Busca por Equipamento.



(a) (b)

Fonte: Produzido pelo autor.

6.3. TELA DO EQUIPAMENTO

Após o usuário selecionar algum dos equipamentos listados ele irá navegar para a tela que contêm informações desse equipamento e três ações: Manutenção Planejada, Manutenção Corretiva e o Histórico, conforme mostrado na Figura 6.4.

Figura 6.4: Tela de menu do equipamento.

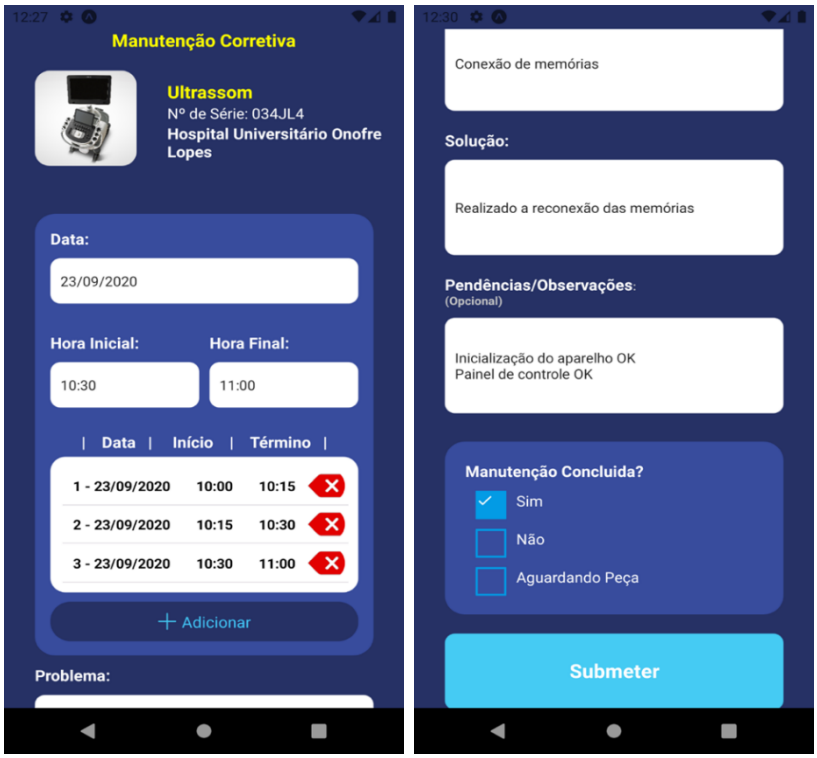
Fonte: Produzido pelo autor.

6.3.1. CRIAR MANUTENÇÃO CORRETIVA

Ao selecionar o botão de manutenção corretiva, o usuário irá navegar para a tela que o permitirá criar a manutenção para aquele equipamento, demonstrado na Figura 6.5.

Para a criação de uma manutenção corretiva, o usuário deve preencher o campo de atividades executadas, com a data, hora inicial e hora final de cada uma delas. Logo em seguida é necessário informar o problema e a solução para a manutenção, com opção de indicar alguma pendência ou observação com o processo, e por fim selecionar a situação em que a manutenção está naquele momento. Visto que todas as informações estejam corretas, para finalizar, o usuário seleciona o botão “Submeter” recebendo uma mensagem que permite a escolha de imprimir a ordem de serviço ou não.

Figura 6.5: (a) e (b) Tela de criação de manutenção corretiva de Ultrassom.



(a) (b)

Fonte: Produzido pelo autor.

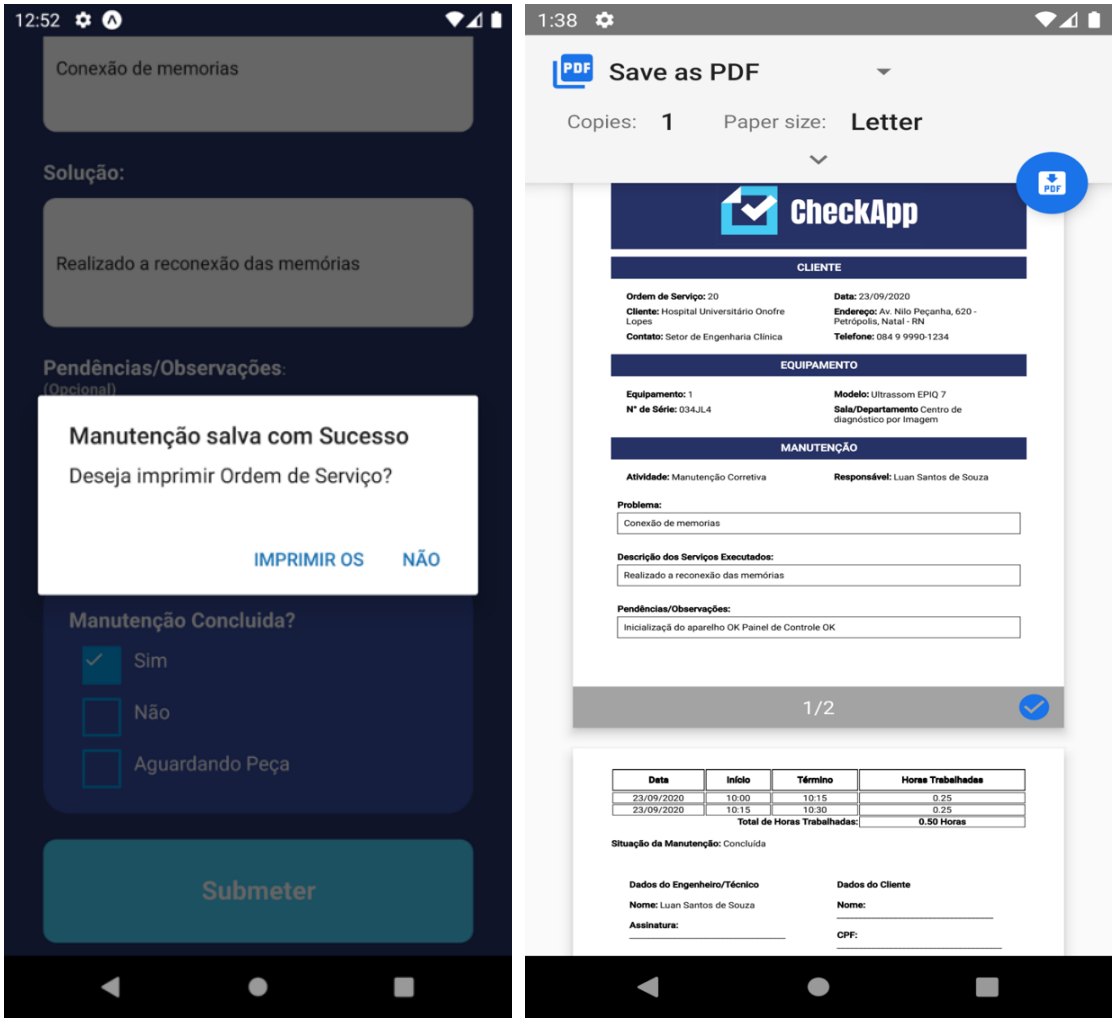
6.3.2. ORDEM DE SERVIÇO DA MANUTENÇÃO CORRETIVA

Ao submeter todas as informações para a criação da manutenção o usuário se depara com uma mensagem com uma pergunta com duas opções de resposta: Imprimir ordem de serviço e não imprimir, conforme ilustrado na Figura 6.6 (a). Na primeira opção, o documento da OS estará disponível para ser exportada/salva em formato PDF, já na segunda opção o usuário será direcionado novamente para a tela de menu do equipamento e a manutenção é salva, e estará disponível no histórico do equipamento.

O documento para ordem de serviço em manutenções corretivas do sistema CheckApp, ilustrado na Figura 6.6 (b), contêm três campos, o do cliente, do equipamento e da manutenção. O campo do Cliente apresenta informações do estabelecimento de saúde em que são repassadas no momento do cadastro, como por exemplo, o nome do hospital, o endereço, o telefone e algum contato, em que esse pode ser uma pessoa ou um setor responsável pelo equipamento do local. O campo de equipamento tem informações do equipamento em que a manutenção

foi realizada, como: número de série e sala/departamento onde o dispositivo está locado. Por último, o campo de manutenção mostra informações cadastradas na tela anterior, com problema e solução preenchidas pelo profissional, o tempo e quantidade das atividades e situação da manutenção, juntamente com um espaço para assinaturas do engenheiro/técnico e do profissional do hospital que acompanhou todo o processo.

Figura 6.6: (a) Mensagem e (b) Ordem de Serviço da manutenção corretiva criada.



(a) (b)

Fonte: Produzido pelo autor

6.3.3. CRIAR MANUTENÇÃO PLANEJADA

Ainda na tela do menu do equipamento, ao selecionar o botão de manutenção preventiva, o usuário irá navegar para a tela que o permitirá criar a manutenção, (Figura 6.7).

Os itens de *checklist* no sistema foram retirados dos manuais de instruções de uso do usuário de cada tipo de equipamento cadastrado. No campo de manutenções foi indicado os itens que os profissionais capacitados devem ver/realizar em caso de manutenções preventivas (planejadas). Dessa forma, a Tabela 6.1 demonstra os itens de cada tipo de equipamento cadastrados no aplicativo.

Tabela 6.1: Tabela de itens dos *checklists* dos equipamentos cadastrados.

Equipamento	Modelo	Fabricante	*Checklist*
Ultrassom	EPIQ 7 *Ultrasound System*	PHILIPS	• Limpeza do equipamento de ECG • Limpeza do painel de controle • Limpeza de *Trackball* • Limpeza do sistema de filtragem de ar • Inspeção dos transdutores • Inspeção da impressora e gravador de DVD • Teste padrão de imagem • Teste de sistema
Angiógrafo	*Allura Centron*	PHILIPS	• Verificação de controles e indicadores • Verificação de colisão • Verificação da refrigeração do detector plano • Verificação Tubos de raios X • Verificação do Sistema *Allura Centron* • Verificação FD • Verificação do *Viewpad* • Verificação de todos os trilhos no teto e batentes • Verificação da mesa do paciente • Verificação da qualidade da imagem • Verificação de PCBs, *racks* e rolamentos • Verificação da Mecânica
Arco Cirúrgico	Philips BV Endura versão 2.3	PHILIPS	• Inspeção visual e limpeza externa do sistema • Verificação da movimentação da estação móvel de visualização • Verificação do movimento da coluna do arco em C • Verificação do mecanismo dos monitores • Inspeção visual e limpeza interna do sistema • Verificação do controle de raios X • Verificação da limitação e indicação da dose • Verificação do desempenho do tubo e do campo de raios X • Verificação do detector • Verificação do aspecto • Verificação da taxa de dosagem • Medição da resistência de proteção da terra • Medição da corrente de fuga
Ressonância Magnética	Signa HDxt 1.5T	*General Eletric*	• Verificação do ventilador de extração • Verificação do desbloqueio de emergência da mesa

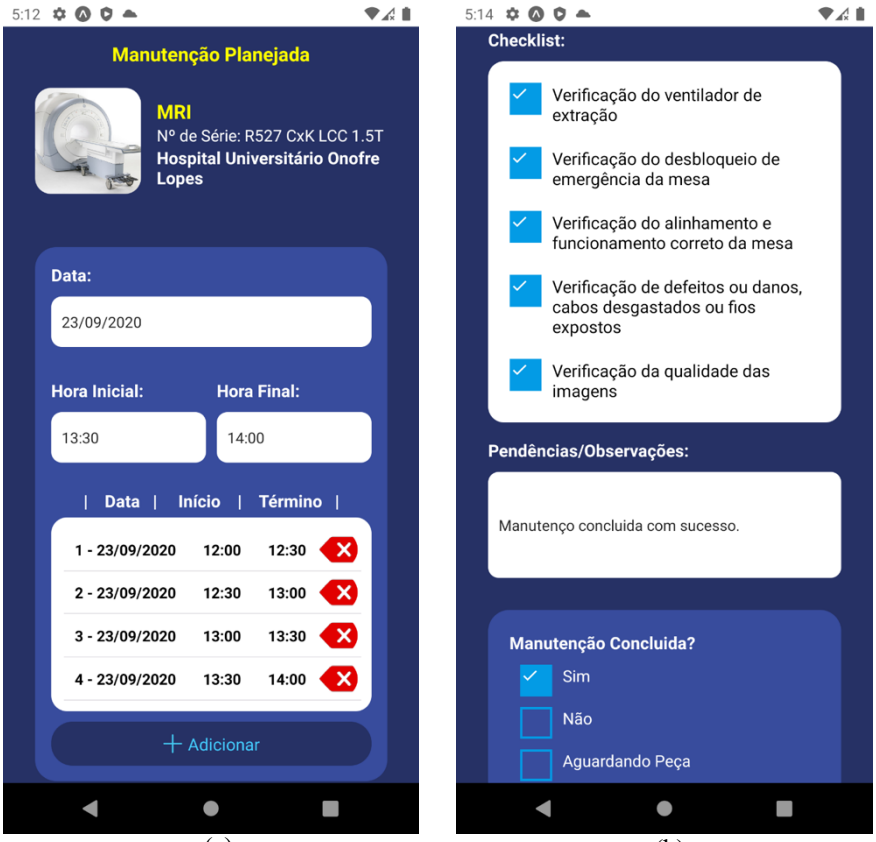
			• Verificação do alinhamento e funcionamento correto da mesa • Verificação de defeitos ou danos, cabos desgastados ou fios expostos • Verificação da qualidade das imagens
Tomógrafo	*Brilliance* CT, modelos 40-*slice*, 64-*slice* e *Big Bore*	PHILIPS	• Verificação gerais de segurança • Verificação das chaves de Segurança do *Gantry* • Verificação de Segurança da Mesa do Paciente • Verificação do status da temperatura do UPS • Verificação do desligamento nominal do sistema quando a Energia é desligada • Verificação da Descarga da bateria do UPS • Verificações do disco SCSI RAID • Troca do cartucho de EOD • Troca do filtro do desumidificador • Troca o filtro de ar do gabinete de distribuição de energia (PDC) • Inspeção visual após remoção da cobertura posterior do *Gantry* • Verificação dos tubos flexíveis para refrigeração • Verificação dos ventiladores da caixa eletrônica • Manutenção das faixas dos anéis. • Limpeza da estrutura da escova de energia. • Verificação e/ou substituição das escovas de carbono. • Limpeza das estruturas das escovas de baixa voltagem e das escovas de dados de controle. • Verificação e/ou substituição das escovas de carbono de baixa voltagem • Verificação e/ou substituição das escovas de carbono dos dados de controle • Verificação da operação dos ventiladores do DMS • Verificação e Limpeza do Detector *Mylar*. • Verificação da qualidade da Imagem
Raio-X	ALTUSDR	*Sawae*	• Calibração do kV e mA • Coincidência do campo luminoso com o campo radiado • Verificação dos circuitos de proteção • Verificação das conexões internas e externas • Inspeção das partes mecânicas • Calibração

Fonte: Adaptados dos manuais de instrução de uso dos equipamentos.

Como exemplificado acima, para a criação de uma manutenção planejada, o usuário deve preencher o campo de atividades executadas, com a data, hora inicial e hora final de cada uma delas. Logo após, marca os itens do *checklist* que foram realizados, entretanto o profissional também tem a opção de não marcar nenhum item. Após isso, caso haja alguma pendência ou observação, o campo pode ser preenchido e selecionado a situação em que a manutenção está naquele momento.

Visto que todas as informações estejam corretas, para finalizar, o usuário seleciona o botão “Submeter” com a opção de imprimir a ordem de serviço ou não, como mostrada na manutenção preventiva.

Figura 6.7: (a) e (b) Tela de criação de manutenção planejada de Ressonância Magnética por Imagem



(a) (b)

Fonte: Produzido pelo autor

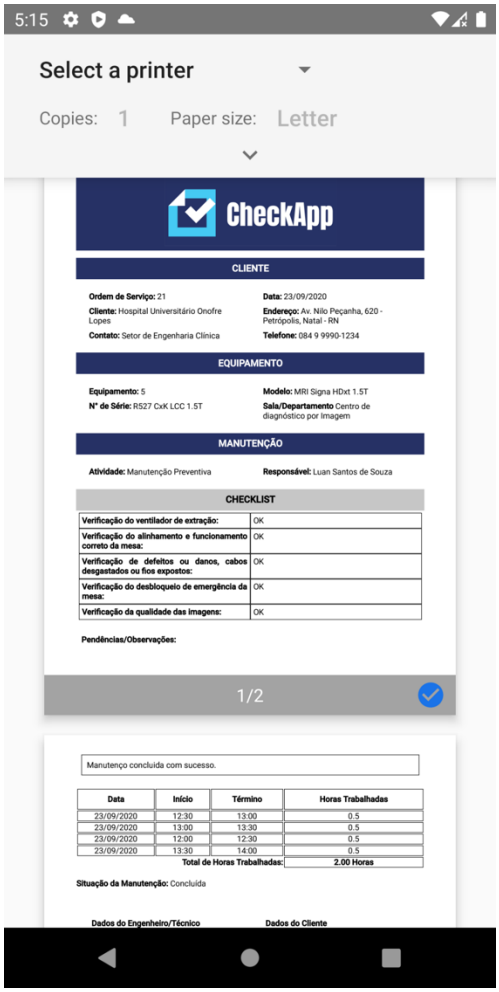
6.3.4. ORDEM DE SERVIÇO DA MANUTENÇÃO PLANEJADA

O documento para ordem de serviço em manutenções preventivas do sistema CheckApp (Figura 6.8) também contêm três campos, o do cliente, do equipamento e da manutenção.

O campo do Cliente apresenta informações do estabelecimento de saúde em que são repassadas no momento do cadastro, o segundo campo tem informações do equipamento em que a manutenção foi realizada e o campo de manutenção, que mostrar os itens do *checklist* que foram marcados ou não por quem está realizando a manutenção, as pendências/observações, o tempo de horas trabalhadas, quantidade das atividades e situação da manutenção, juntamente com

um espaço para assinaturas do engenheiro/técnico e do profissional do hospital que acompanhou todo o processo.

Figura 6.8: Ordem de serviço da manutenção planejada criada.



Fonte: Produzido pelo autor.

6.3.5. HISTÓRICO DE MANUTENÇÕES

No menu do equipamento, há a opção de o usuário visualizar o histórico de todas as manutenções realizadas (Figura 6.9), funcionalidade que foi implementada devido sua importância assim como debatido no referencial teórico deste trabalho.

A tela de Histórico do equipamento possibilita que o usuário realize uma filtragem pela data da manutenção a qual está à procura. Ao selecionar o ícone de ordem de serviço será mostrado o documento daquela manutenção e se o profissional desejar apenas rever as informações da manutenção ele navegará para uma página que mostra resumidamente os dados já salvos (Figura 6.10).

Figura 6.9: Tela de histórico de manutenções de uma MRI.

Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 6.10: (a) e (b) Tela da manutenção planejada de uma MRI já salva.

(a) (b)

Fonte: produzido pelo autor.

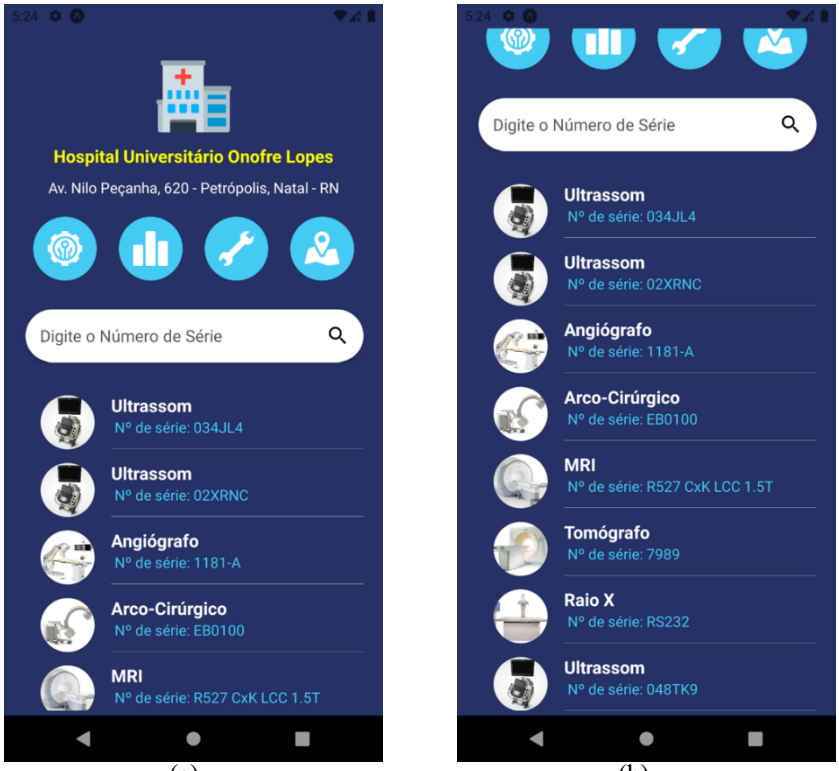
6.4. TELA DE HOSPITAL

Para esta opção no sistema, o usuário pode selecionar o hospital através da busca pelo estabelecimento, sendo encaminhado para a tela do Hospital que contêm informações como: nome e endereço, além de quatro opções de ações representadas por quatro ícones, sendo elas: buscar equipamento, visualizar gráfico de situações das manutenções naquele estabelecimento de saúde, visualizar as manutenções em aberto e ver a localização do hospital.

6.4.1. BUSCA DE EQUIPAMENTO

Ao selecionar a busca de equipamento no sistema (Figura 6.11) o usuário encontra os aparelhos listados daquele hospital em específico e para auxiliá-lo existe a possibilidade de uma filtragem pelo número de série do dispositivo, sendo único.

Figura 6.11: (a) e (b) Tela do Hospital Universitário Onofre Lopes com busca por equipamento



(a) (b)

Fonte: Produzido pelo autor.

Após o usuário selecionar algum equipamento ele navegará para uma nova tela, que permite a criação de alguma manutenção ou visualização do histórico das manutenções.

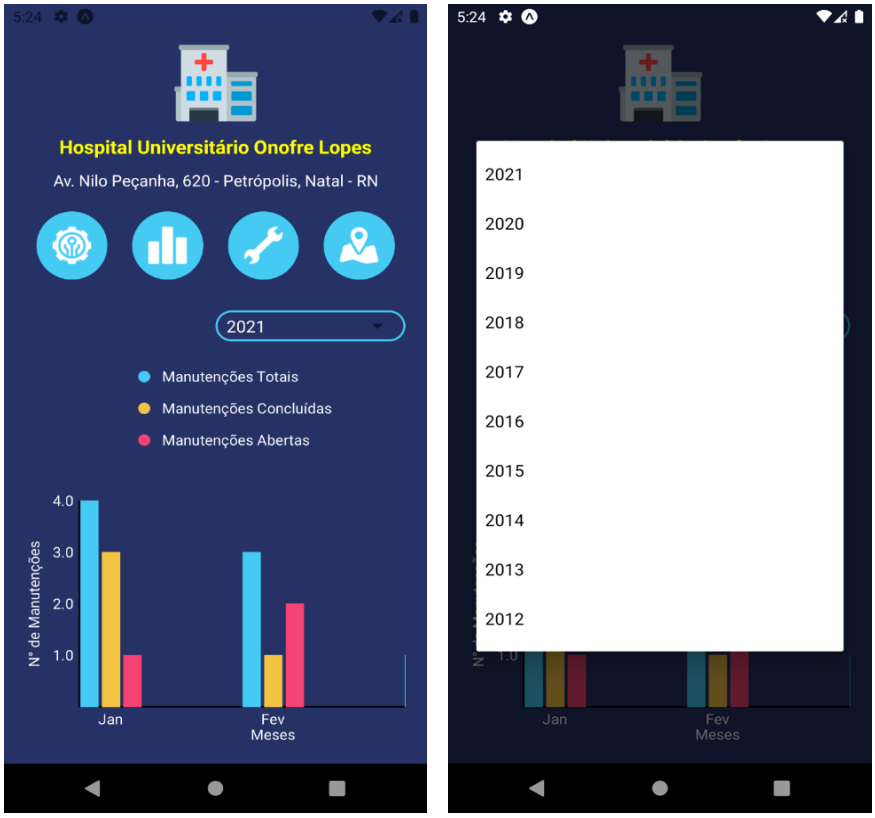
6.4.2. GRÁFICO DE SITUAÇÕES DAS MANUTENÇÕES

Caso o usuário selecione o segundo ícone na tela do hospital ele conseguirá visualizar um gráfico alimentado pelas manutenções realizadas e salvas naquele estabelecimento, conforme exemplificado na Figura 6.12 (a).

A dinâmica do gráfico está relacionada as situações das manutenções salvas, que podem ser três: Manutenção concluída, Manutenção não concluída e aguardando peça. Com isso, para a construção do gráfico foram definidas três barras, uma que indica o número de manutenções totais, uma com manutenções concluídas, que inclui as manutenções com situação “Manutenção concluída”, e outra com manutenções em aberto, esta abrange as manutenções que têm como situação “Manutenção não concluída” e “Aguardando peça”.

Além disso, como indica o eixo X do gráfico, a informação de quantidade é mostrada por mês do ano selecionado, que pode ser alterado assim como mostrado na Figura 6.12 (b).

Figura 6.12 (a) Gráfico de situações das manutenções e (b) campo de seleção do ano das manutenções realizadas.



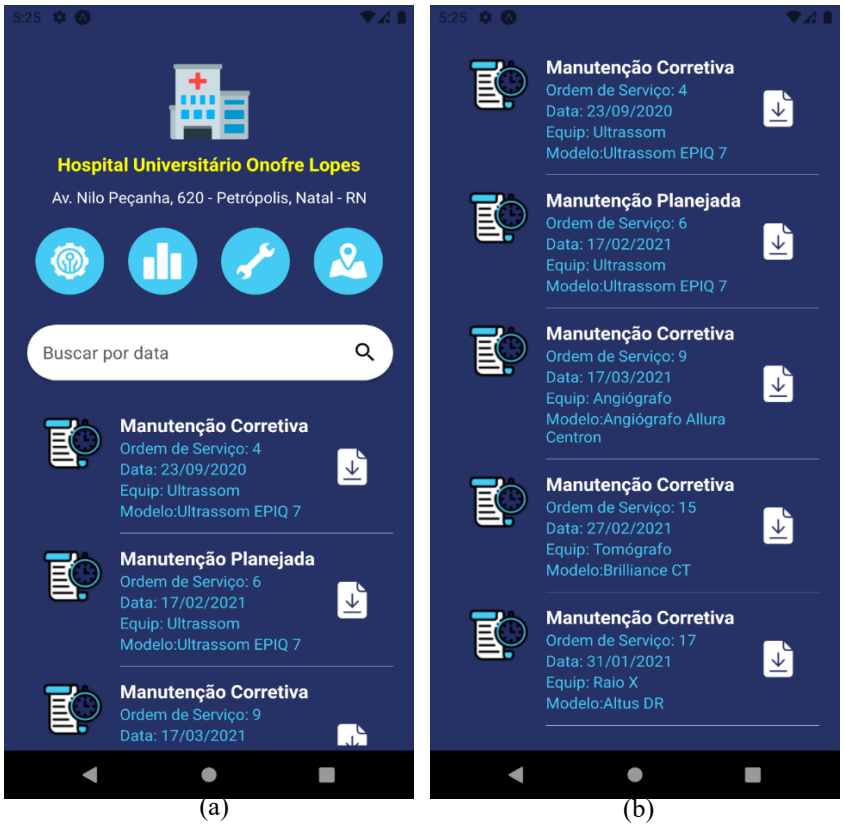
(a) (b)

Fonte: Produzido pelo autor.

6.4.3. MANUTENÇÕES EM ABERTO

O terceiro ícone da tela do hospital permite que o usuário tenha a listagem das manutenções que estão em aberto, ou seja, as manutenções com situação igual a “Manutenção não concluída” ou “Aguardando peça” daquele estabelecimento. A listagem apresenta informações da manutenção e do equipamento o qual aquela manutenção está associada, além da possibilidade de visualizar o documento de Ordem de serviço (Figura 6.13).

Figura 6.13: (a) e (b) Tela do hospital Universitário Onofre Lopes

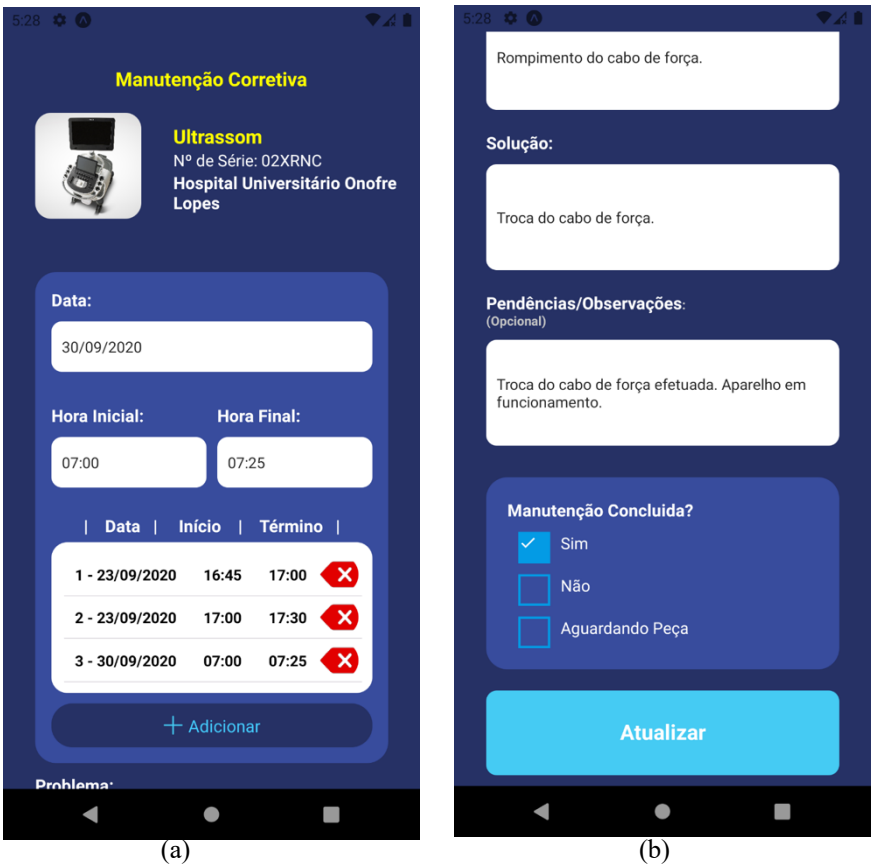


(a) (b)

Fonte: Produzido pelo autor.

Caso o usuário queira fazer alguma alteração nas manutenções que ainda estão em aberto, ao selecionar a manutenção ele será redirecionado para uma tela de edição (Figura 6.14). O usuário pode editar qualquer informação antes preenchida, assim como alterar a situação para “Manutenção concluída”, movendo-a daquele hospital e sendo encontrada apenas no histórico do equipamento (Figura 6.15), onde a de n° 4 foi atualizada e não consta mais na lista em aberto do Hospital Universitário Onofre Lopes.

Figura 6.14: (a) e (b) Tela de edição/atualização de manutenção.



(a) (b)

Fonte: Produzido pelo autor.

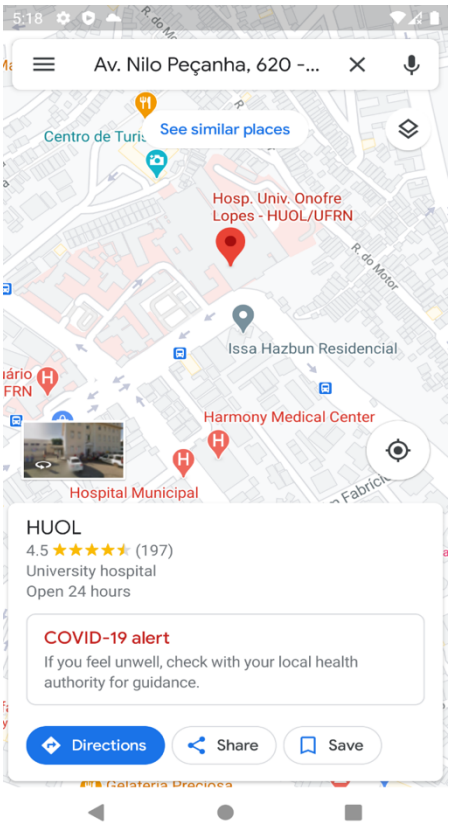
Figura 6.15: Exemplo da manutenção n° 4.

Fonte: Produzido pelo autor.

6.4.4. LOCALIZAÇÃO DO HOSPITAL

Ao selecionar o quarto ícone da tela de hospital, o aplicativo apresenta ao usuário a função do trajeto direto para o endereço cadastrado do estabelecimento de saúde (Figura 6.16). Através de um *link* com o *Google Maps*, aplicativo de geolocalização, foi possível desenvolver essa funcionalidade que irá auxiliar o profissional no deslocamento para o local da sua atividade.

Figura 6.16: Tela do *Google Maps* marcando a localização do Hospital Universitário Onofre Lopes.



Fonte: Produzido pelo autor.

7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A partir deste trabalho, pode-se perceber a importância de sistemas informatizados nas instituições para o gerenciamento das atividades e rotinas. Diante da importância de um bom gerenciamento de manutenções nos equipamentos médico-hospitalares, a fim de facilitar o trabalho do profissional responsável por essa atividade, auxiliando no acesso à informação e praticidade na criação e análise das manutenções, proporcionando uma melhor qualidade no atendimento do paciente, foi desenvolvido uma aplicação móvel chamada CheckApp.

O sistema CheckApp foi proposto, modelado e desenvolvido para ser um aplicativo capaz de informatizar as atividades do engenheiro(a) de campo, além de aumentar a praticidade nas rotinas de manutenções. O diferencial desse aplicativo se dá na capacidade de gerar segurança ao cliente e profissionais envolvidos no gerenciamento das ordens de serviço, e promover praticidade e facilidade na locomoção e registro de atividades do engenheiro de campo. Além disso, o sistema é de simples operação e autoexplicativo, promovendo comodidade e usabilidade para o engenheiro de campo.

De acordo com a literatura, o histórico de manutenções será bastante vantajoso a longo prazo para os equipamentos, podendo, através de uma análise, evitar falhas antes que elas realmente ocorram e com isso o tempo de vida útil do equipamento aumente.

A aplicação foi desenvolvida a partir dos principais requisitos discutidos anteriormente e do conhecimento prático da rotina de EC de um estabelecimento de saúde. Portanto, o *software* irá permitir praticidade na criação de manutenções corretivas e planejadas; versatilidade na atualização dos *checklists;* melhoria no acesso a informações e histórico do equipamento permitindo maior comunicação entre empregado e empregador; maior interação do profissional com a provável situação do equipamento, incluindo local/departamento que está situado; interatividade e *feedback* com o profissional; e fornece informações estatísticas sobre as manutenções permitindo melhor tomada de decisão.

Existem situações em que as manutenções não são inteiramente realizadas, necessitando de muito tempo de atividade, e para esta situação foi implementado ao sistema a atualização das manutenções em aberto. Além disso, a criação de um

documento padrão para ordem de serviço e a facilidade para tal processo, se tornaram o diferencial deste sistema. A visualização das manutenções em aberto por hospital/ estabelecimento de saúde juntamente com a localização via *link* de trajetória para o *Google Maps* são importantes funcionalidades para a rotina de um engenheiro(a) de campo.

7.1. TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, existem alguns itens que podem ser melhorados no sistema:

1) Com a diversidade de *smartphones* e *tablets*, podemos nos deparar com vários problemas de cunho técnico, tais como dificuldade na navegação e redimensionamento da aplicação devido diferentes resoluções, o que acaba gerando desconforte aos usuários e a eventual necessidade de desenvolvimento de aplicações específicas para cada tipo de dispositivo, o que acaba de se tornar inviável. Para a resolução desse problema pode ser utilizado o conceito de responsividade, onde a aplicação se adapta a qualquer tipo de resolução, sem distorções, identificando a largura e/ou altura de cada dispositivo, o espaço disponível e como os componentes serão apresentados.

2) Será de grande importância a validação do sistema, sendo este realizado pelo profissional de campo, além de teste de usabilidade para adaptar as funções da melhor maneira possível para o usuário.

3) A implementação de notificações de agendamento de novas manutenções e de lembrete para finalização das que estão em aberto.

4) E por fim, o desenvolvimento do sistema com os requisitos de funcionalidade para os outros dois atores, Hospital e Empresa, fechando o ciclo de interação entre eles, se tornaria o objetivo final do projeto, extrapolando a plataforma de uma aplicação móvel.

8. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABC. **MRI scans causing anxiety, claustrophobia as access to new machines becomes 'licencing' issue**. Disponível em: https://www.abc.net.au/news/2019-12-28/mri-scan-fears-for-cancer-sufferers-in-coffin-like-situation/11807242. Acesso em: 15 mar. 2021.

ABD RANI, Nahdatul Arm et al. Perception of maintenance management strategy on healthcare facilities. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 170, p. 272-281, 2015.

ABRAMAN. **A situação da Manutenção no Brasil. Documento Nacional**. 03 1999. Disponível em: http://www.abraman.org.br. Acesso em fev. 2021.

ACCE. **Clinical Engineer**. Disponível em: https://accenet.org/about/Pages/ClinicalEngineer.aspx. Acesso em: 24 fev. 2021.

AFFORDABLEMRI. **Head MRI**. Disponível em: https://affordablemri.com/head-mri/. Acesso em: 15 mar. 2021.

ANVISA. **Manual para registro de equipamentos médicos na ANVISA**. 2010.
ANVISA. **Regularização de Produtos – Produtos para a Saúde**. Disponível em: http:antigo.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/produtos-para-a-saude/produtos/classificação-de-equipamentos. Acesso em: 21 fev. 2021.

ARAÚJO, H. d. A. **Modelo de Suporte a Decisão para o Estabelecimento de uma Política de Substituição no Contexto de Equipamentos Hospitalares**. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: confiabilidade e mantenabilidade: terminologia. Rio de Janeiro, 1994.

BALTER, Stephen. X-ray image intensifier. **Catheterization and Cardiovascular Interventions**, v. 46, n. 2, p. 238-244, 1999.

BARRA, Daniela Couto Carvalho et al. Métodos para desenvolvimento de aplicativos móveis em saúde: revisão integrativa da literatura. **Texto & Contexto-Enfermagem**, v. 26, n. 4, 2017.

BRASIL ESCOLA. **O que são os raios X?**. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-sao-os-raios-x.htm. Acesso em: 9 abr. 2021.

BODUCH, Adam. **React and React Native**. Packt Publishing Ltd, 2017.

CALIL, Saide Jorge; TEIXEIRA, Marilda Solon. **Gerenciamento de manutenção de equipamentos hospitalares**., São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.1998.

CALIL, S.; GOMIDE, E. T. **Equipamentos médico-hospitalares e o gerenciamento da manutenção capacitação a distância**. Ministério da saúde secretaria de gestão de investimentos em saúde, 2002.

CARVALHO, Vinícius. **PostgreSQL: Banco de dados para aplicações web modernas**. Editora Casa do Código, 2017.

CAVALCANTE, Monica. Desenvolvimento de um protótipo de aplicativo na educação em saúde para gestantes. Monografia (Graduação em Enfermagem) – Centro Universitário UNINOVAFAPI, Teresina, 2018.

DE ALMEIDA MORAES, Paulo Henrique. **Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de Taubaté.

DE OLIVEIRA, Lara Bezerra et al. Aplicativos Móveis No Cuidado Em Saúde: Uma Revisão Integrativa. **Revista Enfermagem Atual In Derme**, v. 93, n. 31, 2020.

DOS REIS, Rubens Alberto. **Tempos de resfriamento e aquecimento: repercussão no desempenho da manutenção na indústria siderúrgica**. 2009. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, UFTPR-Universidade Federal Tecnológica do Parnaná, Ponta Grossa, 2009. 182f.

DYRO, Joseph (Ed.). **Clinical engineering handbook**. Elsevier, 2004.
FORUM SAUDE DIGITAL. **Konica Minolta cresce no mercado de sistemas de raio X**. Disponível em: https://forumsaudedigital.com.br/konica-minolta-cresce-no-mercado-de-sistemas-de-raio-x/. Acesso em: 15 mar. 2021.

FREIRE, Renata Pascoal et al. **Gestão de equipamentos médicos: o papel das práticas de qualidade em um hospital de excelência brasileiro**. RAHIS-Revista de administração hospitalar e inovação em saúde, v. 8, n. 8, p. 28-41, 2012.

GOMES, LCN; DALCOL, P. R. T.; DE JANEIRO BRASIL, Rio. O papel da engenharia clínica nos programas de gerência de equipamentos médicos: estudo em duas unidades hospitalares. In: **Memórias do II Congresso Latino Americano de Engenharia Biomédica, Havana, Cuba**. 2001.

GORDON, GAILORD J. Hospital technology management: the Tao of clinical engineering. **Journal of clinical engineering**, v. 15, n. 2, p. 111-117, 1990.

GUEDERT, Douglas et al. **Sistema de gerenciamento de equipamentos eletromédicos: metodologias de TI para engenharia clínica**. 2006.

HEALTHCARE IMAGING SERVICES. **Angiography**. Disponível em: https://www.healthcareimaging.com.au/services/angiography/. Acesso em: 24 fev. 2021.

HEART FOUNDATION. **Coronary angiography**. Disponível em: https://www.heartfoundation.org.nz/your-heart/heart-tests/coronary-angiography. Acesso em: 24 fev. 2021.

HIRAIWA, Gladston Luís et al. **Metodologia para determinação do período de manutenção preventiva em equipamentos eletromédicos**. 2001.

HOSKINS, Peter R.; MARTIN, Kevin; THRUSH, Abigail (Ed.). **Diagnostic ultrasound: physics and equipment**. CRC Press, 2019.

HUETTEL, Scott A. et al. **Functional magnetic resonance imaging**. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 2004.

INFOESCOLA. **UML**. Disponível em: https://www.infoescola.com/engenharia-de-software/uml/. Acesso em: 8 mar. 2021.

ISTEPANIAN, Robert SH; WOODWARD, Bryan. **M-health: Fundamentals and Applications**. John Wiley & Sons, 2016.

JACOBSON, Ivar; BOOCH, Grady; RUMBAUGH, James. UML: Guia do usuário. **Editora Campus, Rio de Janeiro**, 2000.

KNEX.JS. KNEX.JS. Disponível em: http://knexjs.org. Acesso em: 11 abr. 2021.

KUTUCUOGLU, K. Y. et al. A framework for managing maintenance using performance measurement systems. **International Journal of Operations & Production Management**, 2001.

LIGA CONTRA O CANCER. **Radiografia (RAIO X)**. Disponível em: https://ligacontraocancer.com.br/exames-e-resultados/radiografia-raio-x/. Acesso em: 23 fev. 2021.

LIMA, Elio Armando Nunes de. **GEM-HOS-Sistema de Gerenciamento de Informações de Equipamentos Médico-Hospitalares**. O caso do Hospital Universitário de Brasília-HUB. 2008.

LINS, Frederico Estelita. **Modelo multicritério para priorização de equipamentos hospitalares para manutenção programada**. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

LIVE SCIENCE. **What is a Medical Ultrasound ?**. Disponível em: Acesso em: 22 fev. 2021.

MAGALHÃES, Rafael L.; NETO, Michelle MF. AprenDER: Ferramenta de apoio à construção de diagrama entidade relacionamento para deficientes visuais. In: Brazilian **Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. 2010.

MDSMANUALS. **Tomografia computadorizada (TC) em distúrbios neurológicos**. Disponível em: https://www.msdmanuals.com/pt/profissional/dist%C3%BArbios-neurol%C3%B3gicos/exames-e-procedimentos-Neurol%C3%B3gicos/tomografia-computadorizada-tc-em-dist%C3%BArbios-neurol%C3%B3gicos. Acesso em: 15 mar. 2021.

MILLER, Donald L. Overview of contemporary interventional fluoroscopy procedures. **Health physics**, v. 95, n. 5, p. 638-644, 2008.

MOHFW, Ministry of Health and Family Welfare; **Medical equipment Maintenance Manual**: A first line maintenance guide for end users. Edição. New Delhi:[s.n.], 2010.p. 08-09.

MONCHY, François. **A Função Manutenção**. São Paulo: Durban, 1987.
MOZILLA. **Sobre JavaScript**. Disponível em: https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript/About_JavaScript. Acesso em: 13 mar. 2021.

MRTECH. **Arco Cirúrgico**. Disponível em: https://www.mrtech.med.br/equipamentos/arco-cirurgico/. Acesso em: 15 mar. 2021.

NODEJS. **About Node.js**. Disponível em: https://nodejs.org/en/about/. Acesso em: 13 mar. 2021.

OLIVEIRA, Vivian Cardoso de Morais et al. **Metodologia de priorização de equipamentos medico-hospitalares em programas de manutenção**

preventiva. 2004.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. Sistema de informações gerenciais: estratégicas, táticas, operacionais. 11ª Edição. **São Paulo: Atlas**, 2007.

OLIVEIRA, Toni Amorim de. **Método de conversão de diagrama de atividades UML para SAN e geração de casos de teste de software**. 2010. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

OLIVEIRA, Romeu Ferreira de. **Um método semi-automatizado para elicitação de requisitos de acessibilidade Web**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

PESSOA, Ellan de Figueiredo. **Desenvolvimento de um sistema de gestão de equipamentos médico-hospitalares e leitos para estabelecimentos de assistência à saúde**. Trabalho de conclusão de curso, Graduação em Engenharia Biomédica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 69p., 2019.

PHILIPS. **Sistema de Ultrassom**. Disponível em: https://www.philips.com.br/healthcare/product/HC795210/affiniti-70-sistema-de-ultrassom. Acesso em: 15 mar. 2021.

PICCININI, Patricia Strapasson et al. **Sistema de informação para gerenciamento de equipamentos médicos-hospitalares**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

QUADRI, Gicieli Maria. Estudo dos processos do setor de manutenção na área hospitalar. 2017.

ROCKETSEAT. **Axios – um cliente HTTP Full Stack**. Disponível em: https://blog.rocketseat.com.br/axios-um-cliente-http-full-stack/. Acesso em: 13 mar. 2021.

SANTOS, William; ALVES, Lynn. A aplicação da linguagem de modelagem unificada (UML): novas perspectivas para o desenvolvimento de games educacionais. 2015.

SANTOS, Déborados et al. Técnicas de Inspeção para Diagramas de Classes UML: Uma Revisão Sistemática. In: **Anais da III Escola Regional de Engenharia de Software**. SBC, 2019. p. 41-48.

SHOHET, Igal M.; LAVY, Sarel. Healthcare facilities management: state of the art review. **Facilities**, 2004.

SIEMENS HEALTHINEERS. **Artis zee**. Disponível em: https://www.siemens-healthineers.com/br/angio/artis-interventional-angiography-systems/artis-zee. Acesso em: 15 mar. 2021.

SIGNORI, Marcos Roberto et al. **Contribuição da engenharia clínica para programa de qualidade em laboratórios clínicos**. 2008.

SILVA, Maurício Samy. **Criando sites com HTML: sites de alta qualidade com HTML e CSS**. Novatec Editora, 2008.

SILVA, R. J. S.; COSTA, V. T.; LAMOUNIER JR, E. A. **Desenvolvimento de um Sistema de Apoio ao Gerenciamento da Manutenção de Equipamentos Médico Assistenciais**. IX Simpósio de Engenharia Biomédica–SEB; Brasil, p. 98, 2016.

SILVA, Marcos Antonio Alves da. **Desenvolvimento de um aplicativo para gerenciamento da manutenção do sistema elétrico de potência da UFRN, utilizando o Código QR como ferramenta de acesso ao plano de manutenção**. 2017. Dissertação de Mestrado. Brasil.

SOUZA, B., et al. **Avaliação econômica da implantação de um serviço de engenharia clínica no Hospital de Clínicas da Universidade Federal de Uberlândia**. 2012.

SOUZA, C., et al. Sistema de Informação aplicado à gestão hospitalar: um panorama situacional da região médio-norte mato-grossense**. Rev. adm. saúde**, p. 19-26, 2012.

STACKOVERFLOW. **Developer Survey Results 2019**. Disponível em: https://insigths.stackoverflow.com/survey/2019#development-envirnmennts-annd-tools. Acesso em: 13 mar. 2021.

TESLA. **Ultrassonografia Obstétrica: Como é realizada?**. Disponível em: http://teslaimagem.com.br/ultrassonografia-obstetrica-como-e-realizada/. Acesso em: 15 mar. 2021.

VILLANUEVA, Marina Miranda. A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação. **Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do grau de Engenheira Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro**, 2015.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **Human resources for medical devices, the role of biomedical engineers**. World Health Organization, 2017.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Conventional radiography**. Disponível em: https://www.who.int/diagnostic_imaging/imaging_modalities/dim-plan-radiography/en/. Acesso em: 23 fev. 2021.

WOMAKERSCODE. **Desvendando Git e GitHub**. Disponível em: https://womakerscode.gitbook.io/desvendando-git-e-github/o-que-onde-e-por-que. Acesso em: 13 mar. 2021.

YOUSEFLI, Zahra; NASIRI, Fuzhan; MOSELHI, Osama. Healthcare facilities maintenance management: a literature review. **Journal of Facilities Management**, 2017.