



PROJETO DE GRADUAÇÃO

**AVANÇOS E DESAFIOS TECNOLÓGICOS
DO CONCEITO SMART POR SETOR
HOSPITALAR**

Por,
Camila Marinho Avelino da Silva

Brasília, 19 de novembro de 2021

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PROJETO DE GRADUAÇÃO

**AVANÇOS E DESAFIOS TECNOLÓGICOS
DO CONCEITO SMART POR SETOR
HOSPITALAR**

POR,

Camila Marinho Avelino da Silva

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção
do grau de Engenheiro de Produção

Banca Examinadora

Prof. Dra. Ana Carla Bittencourt Reis, UnB/ EPR
(Orientadora)

Prof. Dr. Ari Melo Mariano, UnB/ EPR

Prof. Dra. Maíra Rocha Santos, UnB

Brasília, 19 de novembro de 2021

Dedicatória(s)

Dedico este trabalho a Deus.

“Porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas; glória, pois, a ele eternamente. Amém”. Romanos 11:36 ACF

*Camila Marinho
Avelino da Silva*

Agradecimentos

À Deus que até aqui me sustentou e me cercou das pessoas certas para me ajudar a trilhar este caminho;

À minha família que esteve sempre presente me ajudando e me fortalecendo com gestos e palavras pertinentes e que pacientemente esperou por este momento. Amo vocês, papi, mami, Crístilla, Lívia, Thiago e Mariah;

À minha orientadora por cada palavra sincera e de ânimo;

Aos meus amigos por tornarem essa jornada mais leve, mesmo quando achei que seria impossível continuar;

Aos meus irmãos em Cristo por me mostrarem que a universidade não é um cemitério de cristãos quando andamos juntos;

Mais uma vez, à Deus! Sem Ele nada seria possível...

Camila Marinho Avelino da Silva

RESUMO

O termo *smart* se tornou uma palavra do cotidiano que remete a praticidade, a conforto, a segurança e, principalmente no caso de uma casa, a economia. Isso não é muito diferente no ambiente hospitalar. Quando um hospital fornece um quarto confortável ao seu paciente, lhe entrega um aparelho que controla coisas como a luz e a televisão e possui um robô que auxilia na marcação de consultas, isto está próximo ao senso comum de *smart*, pois se trata de praticidade. Mas um *smart* hospital não é somente a praticidade e a qualidade de atendimento do hospital. É preciso olhar para o hospital como um todo e compreender como entregar o melhor serviço possível para os pacientes e da melhor forma possível para o hospital. Neste trabalho, será apontado as vantagens e os desafios das principais tecnologias utilizadas nos *smart hospitals* a fim de entender, primeiramente, o que é um smart hospital e a sua importância e impacto na sociedade para, então, apontar como estes hospitais estão atuando com o auxílio da tecnologia para fornecer os melhores serviços médicos do mundo.

ABSTRACT

The term *smart* has become a daily word that refers to practicality, comfort, safety and, especially in the case of a house, economy. This is not different in the hospital environment. When a hospital provides its patient with a comfortable room, gives him a device that controls things like the light and television in the room, and has a robot that helps to book appointments, this is close to the common sense of *smart*, as it is about practicality. But a smart hospital is not just about the hospital's practicality and quality of care. It is necessary to look at the hospital as a whole and understand how to deliver the best possible service for patients and in the best way possible for the hospital.

In this work, the advantages and challenges of the main technologies used in smart hospitals will be pointed out to understand, first, what a smart hospital is and its importance and impact on society, and then to point out how these hospitals are acting with the help technology to provide the best medical services in the world.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	11
1.2 JUSTIFICATIVA	12
1.3 OBJETIVO GERAL	12
1.3.1 Objetivos Específicos	12
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 METODOLOGIA DE PESQUISA	14
2.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	14
2.1.1 Definição do Objeto de Pesquisa	14
2.1.2 Seleção de Artigos Relevantes	15
2.1.3 Identificação das Tecnologias	19
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
3.1 DEFINIÇÃO DE SMART HOSPITAL	22
3.2 TECNOLOGIAS UTILIZADAS EM SMART HOSPITAL	26
3.3 IMPLEMENTANDO UM SMART HOSPITAL.....	31
3.3.1 Smart Hospital no Mundo	33
3.3.2 Smart Hospital no Brasil	37
4 AVANÇOS E DESAFIOS TECNOLÓGICOS	39
4.1 TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO	39
4.2 TECNOLOGIAS DE ANÁLISE DE DADOS.....	39
4.3 TECNOLOGIAS DE COLETA DE DADOS E APRENDIZADO	40
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
5.1 Conclusões e Trabalho Futuros	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas de pesquisa	14
Figura 2: Gráfico de densidade do coupling feito com os artigos da base Scopus	16
Figura 3: Gráfico overlay do coupling feito com os artigos da base Scopus	16
Figura 4: Gráfico de densidade do coupling feito com os artigos da base Web of Science	17
Figura 5: Gráfico overlay do coupling feito com os artigos da base Web of Science	18
Figura 6: Características necessárias em um Smart Hospital	23
Figura 7: Visão da Siemens sobre o Smart Hospital	24
Figura 8: Componentes do RFID	26
Figura 9: Comparativo entre tag ativa e passiva no RFID	27
Figura 10: Ciclo de vida do Big Data	30
Figura 11: Passos do White Paper Siemens para a implantação de um Smart Hospital	31
Figura 12: Etapas da Ferramenta para Hospitais Inteligentes da OMS	33
Figura 13: Passos básicos para a implementação do Smart Hospital	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidade inicial de trabalhos a serem analisados	15
Tabela 2: Resultados de busca na base Scopus.....	19
Tabela 3: Resultados de busca na base Web of Science	20
Tabela 4: Resultados de busca na base Science Direct	21

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tema, tecnologia utilizada e área hospitalar impactada por artigo.	18
Quadro 2: Definições de Smart Hospital e seu impacto na realidade hospitalar.....	24
Quadro 3: Aplicações do RFID.....	28
Quadro 4: Tecnologias utilizadas em Smart Hospital.....	30
Quadro 5: Os 10 melhores Smart Hospital do mundo	34
Quadro 6: Principais Smart Hospitals no Brasil	37
Quadro 7: Avanços e desafios das principais tecnologias utilizadas nos smart hospitals do mundo e do Brasil ..	40
Quadro 8: Possíveis soluções para os desafios encontrados	42
Quadro 9: Formas de aplicação das tecnologias.....	43

LISTA DE SÍMBOLOS

Siglas

BD	Banco de Dados
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CEP	<i>Complex Event Process</i>
GPS	<i>Global Position Systems</i>
IA	Inteligência Artificial
IoMT	<i>Internet of Medical Things</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
ML	<i>Machine Learning</i>
NFC	<i>Near-Field Communication</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAHO	<i>Pan American Health Organization</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification Devices</i>
SDN	<i>Software Define Networks</i>
UWB	<i>Ultra-Wideband</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>
WSN	<i>Wireless Sensor Network</i>

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta uma breve contextualização do tema e a justificativa do estudo. Além disso, traz os objetivos e a estrutura que o trabalho foi montado.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Por anos, a medicina se deteve somente no campo da saúde investigando sintomas e tratando doenças. Mas com o advento da tecnologia e da indústria 4.0, tornou-se inevitável agregar a tecnologia às rotinas médicas (LHOTSKA, 2020). Agora, mais que transferência de dados e de imagens e sistemas de suporte a decisão, a medicina passou a enxergar o paciente como um consumidor e, conseqüentemente, o atendimento médico mais centrado no paciente-consumidor.

A comunidade médica científica demonstra preocupação com a qualidade de atendimento na rotina hospitalar desde os anos 90. Em Wong e Abendroth (1994), os autores discorrem sobre como foi feita a escolha de um sistema comercial de informações clínicas. O objetivo dos autores era encontrar uma solução que atendesse às necessidades de informações de atendimento ao paciente, de pesquisa, de educação, de administração, de finanças e que permitisse mudanças contínuas no sistema de saúde de um centro médico acadêmico. Já nesta época, os autores reconheciam a importância da integração dos hospitais com a tecnologia a fim de não somente aprimorar no atendimento ao paciente, mas também de obter ganhos financeiros e vantagem competitiva ante aos concorrentes.

Enquanto Wong e Abendroth (1994) visavam tão somente um sistema informativo, pouco mais de uma década depois Wu et al. (2005) procuraram uma forma de não somente obter informações do paciente, da equipe e dos procedimentos, mas também de monitorar e rastrear pacientes, equipe médica e medicamentos ou materiais pelo hospital em tempo real, ou próximo ao real, utilizando o RFID e sensores sem fio.

Hood (2013) demonstra que a medicina trilhou um caminho sem volta junto a tecnologia e agora a medicina deve trabalhar de forma sistêmica, associando a parte biológica, técnica e as ferramentas computacionais para compreender as complexidades das doenças. Com isso, Hood e Flores (2012) apresentam o conceito dos 4P da medicina:

- Medicina Preditiva: se propõe a detectar doenças o mais cedo possível;
- Medicina Preventiva: é a medicina focada no bem-estar atual e não na doença;
- Medicina Personalizada: as doenças são agrupadas de acordo com a composição genética do indivíduo e, portanto, os tratamentos propostos são individuais;
- Medicina Participativa: os pacientes acompanham suas informações vitais em dispositivos pessoais, mas necessitam da ajuda de um profissional da saúde para interpretar os dados, assim, a mudança na medicina conservadora parte dos pacientes.

Para que este conceito seja amplamente aplicado, a medicina precisa estar acompanhada da tecnologia e, então, obter as vantagens da revolução digital como: conseguir lidar com grandes conjuntos de dados; criar relações sociais e de negócios; e criar dispositivos pessoais digitais que permitam quantificar parâmetros de saúde para a equipe médica e para o paciente (HOOD, 2013).

1.2 JUSTIFICATIVA

Em 2017, o BNDES em parceria com o MCTIC apoiou o estudo “Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil” (MCKINSEY; FUNDAÇÃO CPQD; MACEDO, 2017a). Este estudo visava diagnosticar e propor um plano de ação estratégico para o desenvolvimento do IoT no Brasil. A investigação mostrou que, apesar do aumento dos investimentos financeiros, quatro grandes áreas são consideradas deficientes no país. Isto porque entra recursos financeiros, mas a população não enxerga melhorias nas áreas. São elas: a saúde, a segurança pública, a mobilidade urbana e a inovação em recursos naturais, sendo a área da saúde considerada, pelos brasileiros, a mais importante e, também, a menos satisfatória (MCKINSEY; FUNDAÇÃO CPQD; MACEDO, 2017b).

A área da saúde se mostrou um ramo com muitas oportunidades de melhoria a partir do uso da tecnologia. Wong e Abendroth (1994) já realizavam pesquisas na saúde a fim de utilizar a tecnologia a seu favor. Hoje é possível encontrar diversos estudos cujo objetivo transpassa desde o monitoramento – do paciente, da equipe ou dos equipamentos – ao gerenciamento de hospitais. Toda essa tecnologia não somente auxilia em tomadas de decisões como também podem diminuir os custos hospitalares a longo prazo (ALHARBE; ATKINS, 2016; OLIVEIRA et al., 2020).

Assim, este trabalho se justifica por trazer um compilado das principais tecnologias utilizadas no tempo contemporâneo em hospitais brasileiros e no mundo; e suas principais vantagens e desafios a serem superados.

1.3 OBJETIVO GERAL

Este estudo visa realizar um diagnóstico sobre as principais tecnologias utilizadas para a aplicação do conceito *smart* por setor hospitalar no Brasil.

1.3.1 Objetivos Específicos

Realizar um levantamento em bases científicas das principais tecnologias utilizadas em *Smart Hospitals* no Brasil e no mundo;

1. Pesquisar em bases científicas as principais tecnologias utilizadas em *Smart Hospitals* no Brasil e no mundo;
2. Realizar um levantamento dos principais *Smart Hospitals* no Brasil e no mundo (*benchmarking*) e as tecnologias utilizadas por eles;
3. Identificar as principais vantagens e desafios para o uso adequado das tecnologias identificadas.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi dividido em cinco capítulos: Introdução, Metodologia de Pesquisa, Fundamentação Teórica, Avanços e Desafios Tecnológicos e Considerações Finais.

No capítulo um, será abordado o tema do trabalho, porque ele é relevante e seu objetivo geral e objetivos específicos. Em seguida, será tratado no segundo capítulo como foi feita a pesquisa nas bases de dados mais relevantes para o trabalho e as palavras-chave usadas. O capítulo três trará toda a fundamentação teórica do trabalho, explicando desde o conceito de um *Smart Hospital* às tecnologias mais utilizadas nos *Smart Hospital* pelo mundo.

O quarto capítulo começa a encaminhar o trabalho para o fim, trazendo uma síntese sobre os avanços e desafios tecnológicos nos *Smart Hospital*. Por fim, o último capítulo irá abordar as considerações finais do trabalho e as sugestões de futuros trabalhos no tema.

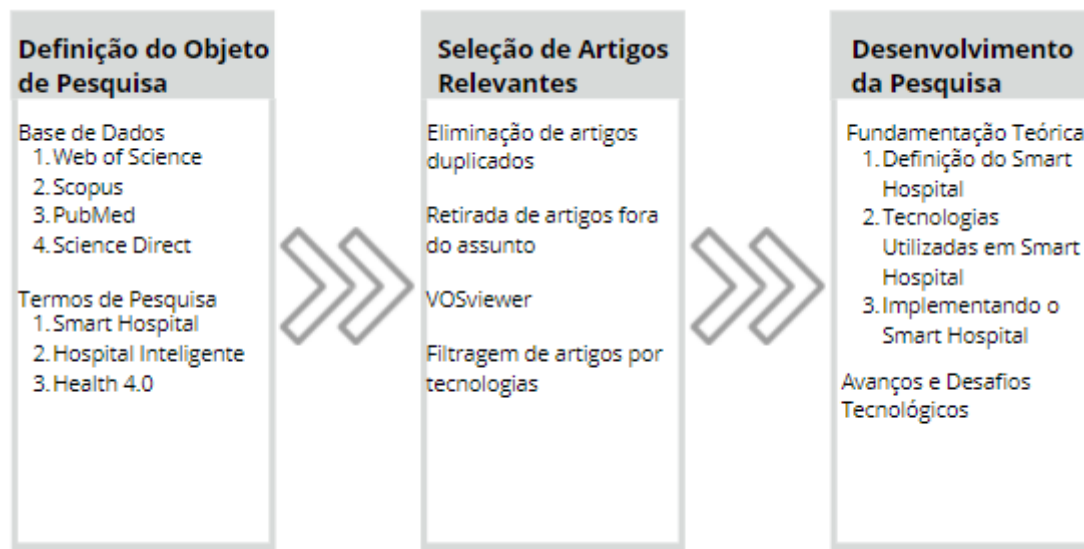
2 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo apresenta a metodologia de pesquisa adotada neste trabalho. Aborda as bases escolhidas para enriquecimento do estudo e como os artigos foram selecionados.

2.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para realizar este trabalho foi feita uma pesquisa do tipo bibliográfica e de abordagem qualitativa utilizando a metodologia proposta por Carla et al. (2020). Nesta proposta, os autores definem três estágios da pesquisa: a definição do objeto de pesquisa; a seleção de artigos relevantes para a pesquisa; e, o estudo e desenvolvimento da pesquisa (Figura 1). Cada estágio é composto por, pelo menos, dois passos antes de seguir para o estágio seguinte.

Figura 1: Etapas de pesquisa



Fonte: elaboração própria

2.1.1 Definição do Objeto de Pesquisa

No primeiro estágio é definida a base de dados de pesquisa científica. Este passo é importante por garantir que os artigos tenham passado por um processo rigoroso para ser aceito na base e tenham relevância no assunto da pesquisa. Neste estudo, definiu-se três bases inicialmente: *Web of Science* (WoS), Scopus e, por se tratar de um assunto dentro da saúde, PubMed.

O segundo passo é a definição dos termos de pesquisa. Por se tratar de um estudo que busca compreender como um hospital tradicional pode se tornar um hospital inteligente, foram priorizados artigos das áreas de engenharia, negócios e gerenciamento. Além disso, foram utilizadas as palavras-chave *smart hospital*, *health 4.0* e *hospital inteligente*. Na base PubMed, optou-se por além de usar as mesmas palavras-chave excluir os termos “doença” e “síndrome” para diminuir a possibilidade de no resultado aparecer estudos de doenças ou síndromes específicas. Assim, obteve-se a seguinte quantidade inicial de trabalhos a serem analisados em cada base de pesquisa (Tabela 1):

Tabela 1: Quantidade inicial de trabalhos a serem analisados

Base	Termos de Pesquisa	Resultado	Mais Antigo	Mais Citado
Scopus	(TITLE-ABS-KEY("smart hospital") OR TITLE-ABS-KEY("health 4.0") OR TITLE-ABS-KEY("hospital inteligente")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA,"ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"BUSI"))	152	Wu et al. (2005)	Fuhrer e Guinard (2006) Citações: 69
Web of Science	TÓPICO: ("smart hospital") OR TÓPICO: ("health 4.0") OR TÓPICO: ("hospital inteligente") Refinado por: [excluindo] CATEGORIAS DO WEB OF SCIENCE: (MEDICINE RESEARCH EXPERIMENTAL OR PHILOSOPHY OR CHEMISTRY ANALYTICAL OR EDUCATION EDUCATIONAL RESEARCH)	132	Wu et al. (2005)	Catarinucci et al. (2015) Citações: 341
PubMed	(((((("smart hospital") OR "health 4.0") OR "hospital inteligente")) NOT disease) NOT syndrome	82	Wong e Abendroth (1994)	-

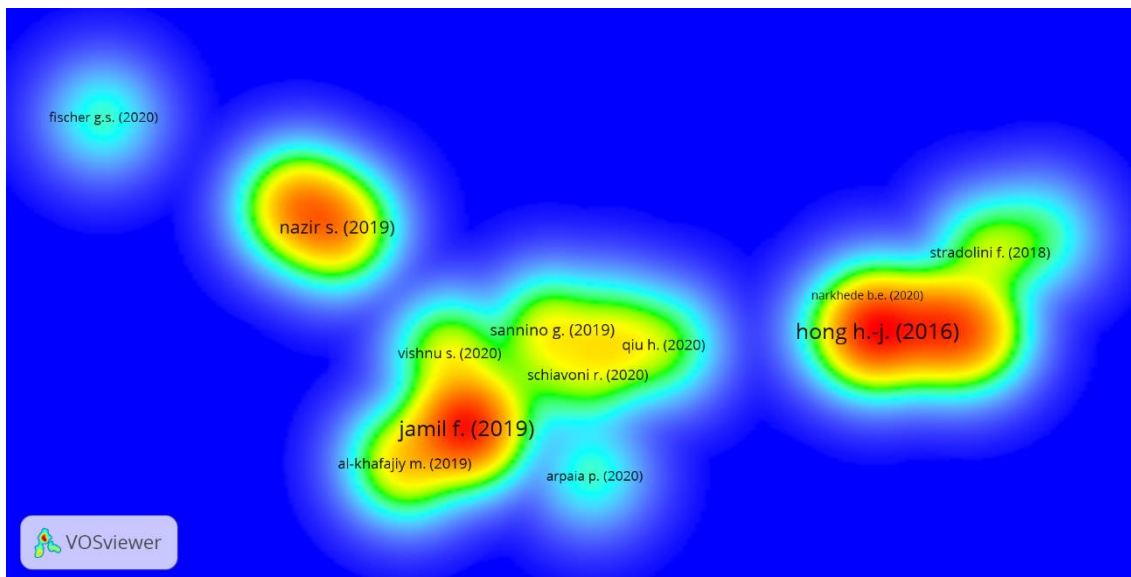
Fonte: elaboração própria

2.1.2 Seleção de Artigos Relevantes

Após a definição do objeto de pesquisa os artigos relevantes são selecionados. Como nos demais estágios. Primeiro é feita uma comparação dos resultados entre as bases a fim de identificar e eliminar artigos duplicados. Em seguida, fazendo uma leitura rápida dos artigos, retira-se aqueles que não tem relação com o assunto a ser estudado.

Para auxiliar nesta etapa, foi utilizado o software VOSviewer para compreender qual era a tendência de pesquisa na área. Assim, ao investigar os artigos da base Scopus com o *bibliografic coupling*, artigos que citam um mesmo artigo, obteve-se duas imagens. A primeira (Figura 2), com uma visualização de densidade mostra a concentração dos assuntos mais abordados.

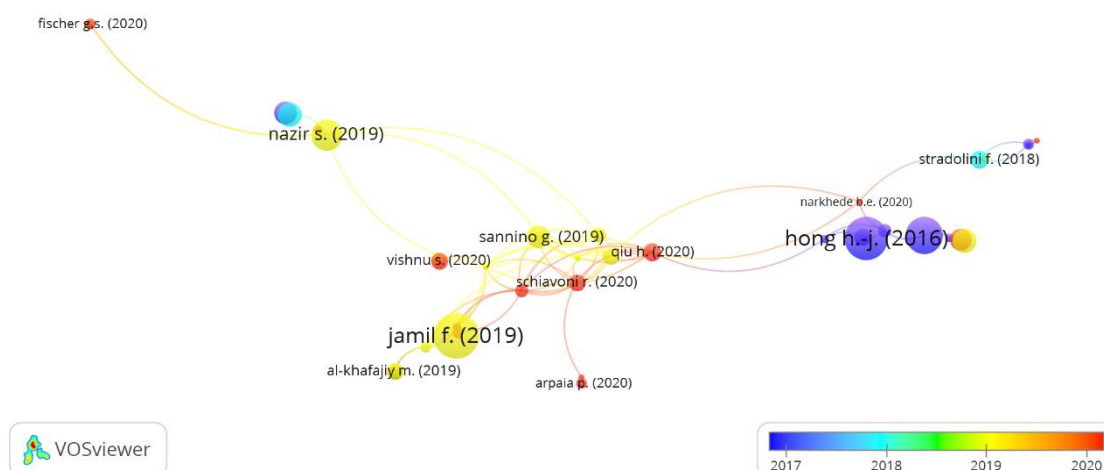
Figura 2: Gráfico de densidade do coupling feito com os artigos da base Scopus



Fonte: elaboração própria utilizando o VOSviewer

Na imagem é possível identificar alguns clusters. O primeiro, da esquerda para a direita, representado por Fischer et al. (2020) abordam modelos de otimização de filas de atendimento a pacientes em hospitais. O autor utilizou sensores e engenharia de predição ARIMA-based para antecipar eventuais problemas no futuro e apresentou um modelo de alocação, migração e desalocação de pessoas no hospital; em seguida, representado por Nazir et al. (2019) vem o cluster que estuda como a computação mobile pode contribuir com o IoT e com o IoMT a fim de impactar positivamente no ambiente de saúde ou *smart hospitals*; então vem os clusteres com maior concentração de autores, Jamil et al. (2019) falam de um modelo *blockchain* para a área farmacêutica do hospital, mas outros autores também abordam sistemas de gestão hospitalar neste cluster; o cluster logo acima, vai um pouco além abordando os *wearables* na medicina e hospitais inteligentes; o cluster de Arpaia et al. (2020), isolado logo abaixo, fala de sistemas de monitoramento e predição da saúde do paciente em procedimentos cirúrgicos; os dois últimos clusteres a direita abordam o *cloud computing* e o *fog computing* como sistemas de integração e comunicação na telemedicina.

Figura 3: Gráfico overlay do coupling feito com os artigos da base Scopus

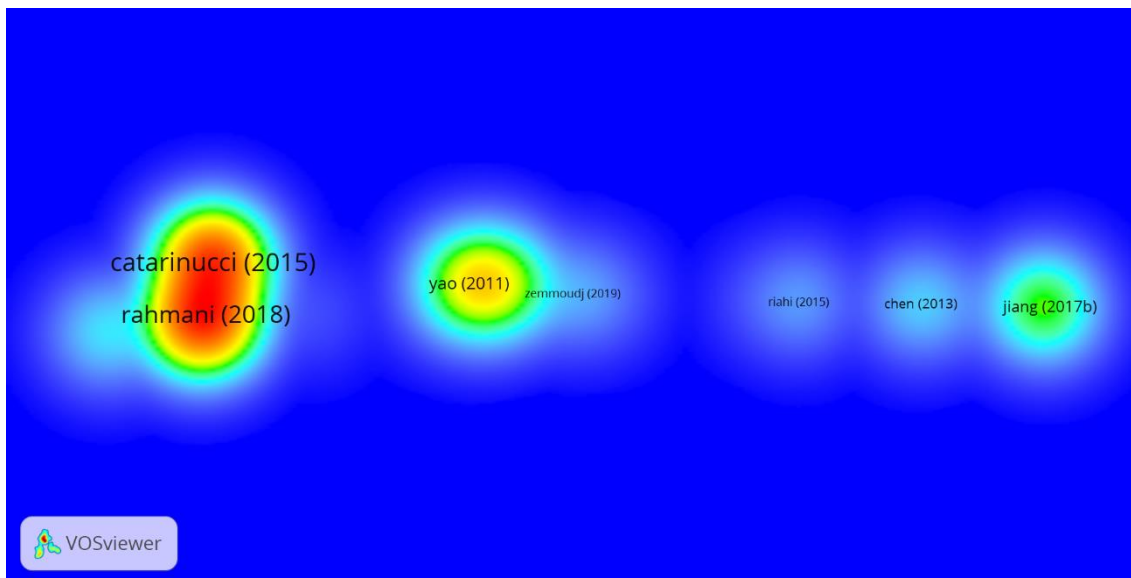


Fonte: elaboração própria utilizando o VOSviewer

Outra análise realizada é a relação de cada artigo destacando o ano de publicação. Esta análise é interessante por colocar os estudos em uma linha do tempo e, assim, permitir visualizar melhor a evolução das pesquisas.

Vê-se na Figura 2, por exemplo, que os clusters sobre sistemas de gestão hospitalar, *wearables* e otimização no atendimento são as abordagens mais recentes e promissoras para continuar crescendo. Entretanto, a temática *smart hospital* começou a ser estudada recentemente, então estes mapas ainda podem mudar. Além disso, estas imagens retratam os trabalhos publicados apenas na base Scopus, a base *Web of Science* está apresentada em seguida.

Figura 4: Gráfico de densidade do coupling feito com os artigos da base *Web of Science*



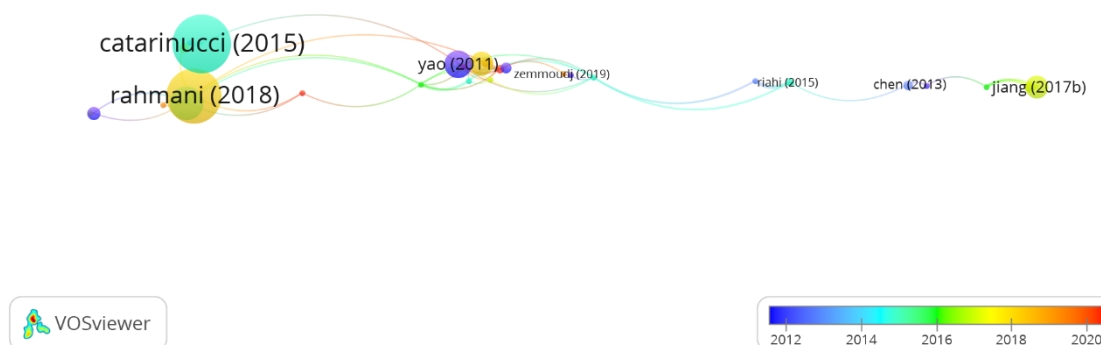
Fonte: elaboração própria utilizando o VOSviewer

Para analisar os artigos da base *Web of Science*, o VOSviewer gerou um coupling com cinco clusters. O primeiro e com maior concentração de estudos é o de Catarinucci et al. (2015) e Rahmani et al. (2018). Estes autores abordam a arquitetura de sistemas para um *Smart Hospital* como chave para o monitoramento e rastreamento de pacientes em tempo real e de forma eficiente, entretanto o primeiro optou por seguir pela interação entre o RFID, o WSN e as tecnologias *smart mobile* e o segundo aborda o *fog computing* e o *Smart e-Health Gateways* em sistemas de saúde baseados no IoT.

O cluster seguinte é representado por Yao; Chu; Li (2011) que aborda uma nova forma de processar dados de eventos cirúrgicos baseado em CEP e RFID; e por Zemmoudj; Bermad; Omar (2019) que aborda a questão de segurança dos dados do paciente atendido no hospital ou em casa.

Representado por Riahi e Moussa (2015), este cluster foca no desenvolvimento de interfaces de usuário amigáveis e adaptáveis a necessidade e ao contexto do usuário. Para isto, os autores utilizaram Redes de Petri para a modelagem das necessidades e o *Human-Computer-System* para desenvolvimento. Em seguida, Chen e Chang (2013) desenvolvem um sistema de monitoramento de saúde em tempo real baseado em RFID e em smartphones android. Por último, o cluster representado por Jiang; Li; Lv (2017) investiga o “roteamento multicast de alta eficiência energética em redes sem fio multi-hop para melhorar a qualidade da experiência dos usuários em aplicações médicas inteligentes”.

Figura 5: Gráfico overlay do coupling feito com os artigos da base Web of Science



Fonte: elaboração própria utilizando o VOSviewer

Na visualização do desenvolvimento dos estudos no tempo (Figura 5), observa-se que os dois principais clusters iniciaram seu desenvolvimento em 2012 e sua temática de arquitetura de sistemas e processamento de dados continuam em desenvolvimento. Já as temáticas de interface de usuário, monitoramento em tempo real e eficiência energética em redes sem fio são estudos mais recentes, tendo iniciado entre 2015 e 2017.

Assim, as principais abordagens de estudo, as respectivas tecnologias estudadas e área de atuação hospitalar são apresentadas no quadro a seguir:

Quadro 1: Tema, tecnologia utilizada e área hospitalar impactada por artigo.

Artigo	Tema	Tecnologia Utilizada	Área Hospitalar
Fischer et al. (2020)	Modelo de otimização de atendimento	Sensores e engenharia preditiva ARIMA-based	Recursos humanos
Nazir et al. (2019)	Revisão de literatura sobre o impacto que a computação mobile tem sobre o IoT e o IoMT	Computação mobile	-
Jamil et al. (2019)	Sistemas de gestão hospitalar - blockchain	Hyperledger Fabric e web application	Farmácia
Arpaia et al. (2020)	Sistemas de monitoramento e predição de saúde	Realidade virtual (VR HMD)	Cirurgia
Catarinucci et al. (2015)	Arquitetura de sistemas	Radio Frequency Identification (RFID), a Wireless Sensor Network (WSN) e smart mobile	Monitoramento e rastreamento de pacientes, pessoal e dispositivos médicos em tempo real
Rahmani et al. (2018)	Arquitetura de sistemas	Fog Computing e Smart e-Health Gateways	Monitoramento e rastreamento de pacientes em tempo real
Yao; Chu; Li (2011)	Processamento de dados	RFID	Cirurgia
Zemmoudj; Bermad; Omar (2019)	Segurança de dados	-	Proteção dos dados do paciente no hospital ou em atendimento remoto

Riahi; Moussa (2015)	Interface de usuário adaptável ao contexto e a necessidade do usuário	Human-Computer-System (HCS)	Monitoramento do paciente
Chen; Chang (2013)	Monitoramento em tempo real	RFID, Android	Monitoramento e rastreamento de pacientes em tempo real
Jiang; Li; Lv (2017)	Eficiência energética em redes sem fio	Multi-hop wireless network	Comunicação de redes (qualidade de experiência do usuário)

Fonte: elaboração própria

Por fim, após a leitura e análise dos artigos relevantes, desenvolve-se a revisão de literatura para atingir o objetivo da pesquisa. Assim, é possível constatar uma parte considerável das tecnologias e abordagens de estudo no campo do smart hospital nas principais bases de pesquisa científica.

2.1.3 Identificação das Tecnologias

Para obter uma dimensão sobre o quanto cada tecnologia estava sendo estudada dentro do tema *smart hospital*, optou-se por realizar uma pesquisa relacionando as tecnologias abordadas ou utilizadas nos primeiros artigos (Quadro 1) e a palavra-chave “*smart hospital*”. Assim, também com base no trabalho de Carla et al. (2020) foi feita uma nova pesquisa nas bases *Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct*. No momento de selecionar os artigos relevantes na primeira pesquisa, observou-se que muitos dos resultados da base PubMed apareciam em uma das outras duas bases ou em ambas, então, optou-se por desconsiderá-la neste momento.

A pesquisa seguiu utilizando como palavras-chave a expressão “*smart hospital*” e a respectiva tecnologia. A seguir são apresentadas três tabelas com os resultados desta pesquisa em cada base de dados.

Tabela 2: Resultados de busca na base Scopus

Base	Tecnologia	Resultado	Mais Antigo	Mais Citado
Scopus	RFID	36	Wu et al. (2005)	Catarinucci et al. (2015) Citações: 583
	Zigbee	11	Pellegrini et al. (2010)	Ahmadi et al. (2019) Citações: 53
	Blockchain	8	Jamil et al. (2019)	Jamil et al. (2019) Citações: 70
	Virtual Reality/Augmented Reality	3	Paparizos; Tsafas; Birbas (2019)	Kim et al. (2019) Citações: 7
	WSN	21	Kamesh; Sakthi Priya (2012)	Catarinucci et al. (2015) Citações: 585
	Big Data	14	Pir; Akram; Khan (2015)	Visconti; Morea (2020)

				Citações: 19
	Cloud Computing/Fog Computing	21	Alharbe; Atkins; Akbari (2013)	Rahmani et al. (2018) Citações: 488

Fonte: elaboração própria

A primeira base de pesquisa foi a *Scopus* que retornou um total de 160 artigos relacionando *Smart Hospital* com alguma tecnologia abordada na pesquisa inicial. De acordo com os resultados desta base, a tecnologia investigada mais antiga é o *RFID* e data de 2005. Neste trabalho, Wu *et al.* (2005) propõe uma nova arquitetura utilizando a ontologia de eventos para filtrar melhor as informações que chegavam pelos sensores no ambiente hospitalar.

O trabalho mais citado encontrado na base *Scopus* também foi relacionado a tecnologia *RFID*. Catarinucci *et al.* (2015), propôs uma interligação com o UHF *RFID* e o WSN para fazer uma nova arquitetura de Sistema Hospitalar Inteligente. Essa nova proposta utiliza o IoT para o monitoramento e rastreamento automático de pacientes, equipe médica e dispositivos biomédicos em ambientes hospitalares a fim de melhorar a eficiência e acurácia dessa supervisão geralmente feita de forma manual. Na base de dados *Web of Science* (Tabela 3) a tecnologia *RFID* também foi a mais estudada dentro do tema *Smart Hospital* e Catarinucci *et al.* (2015) foi o trabalho mais citado. Entretanto a publicação mais antiga é de Kubitz *et al.* (1997).

Tabela 3: Resultados de busca na base *Web of Science*

Base	Tecnologia	Resultado	Mais Antigo	Mais Citado
<i>Web of Science</i>	RFID	134	Kubitz et al. (1997)	Catarinucci et al. (2015) Citações: 393
	Zigbee	4	Alharbe; Atkins (2016)	Akshat et al. (2019) Citações: 3
	Blockchain	1	Jamil et al. (2019)	Jamil et al. (2019) Citações: 44
	Virtual Reality/Augmented Reality	3	Kim et al. (2019)	Huang et al. (2020) Citações: 5
	WSN	6	Kemis et al. (2012)	Catarinucci et al. (2015) Citações: 393
	Big Data	7	Pir; Akram; Khan (2015)	Visconti; Morea (2020) Citações: 14
	Cloud Computing/Fog Computing	6	Rashed et al. (2017)	Rahmani et al. (2018) Citações: 372

Fonte: elaboração própria

Kubitz *et al.* (1997) propõem um sistema de navegação baseado em *RFID* para definir a localização de robôs autônomos em ambientes industriais. Esta é uma das primeiras pesquisas em *RFID* e, apesar de não ser diretamente inserida no tema *Smart Hospital*, trata de um uso comum em ambientes *smart* incluindo o hospitalar.

Na última base pesquisada, *Science Direct* (Tabela 4), diferente das anteriores, a tecnologia com maior retorno foi a *Big Data*. E as pesquisas mais antigas foram de Kim e Park, (2009) e Neil (2009) abordando as tecnologias WSN e Realidade Virtual, respectivamente.

Tabela 4: Resultados de busca na base *Science Direct*

Base	Tecnologia	Resultado	Mais Antigo	Mais Relevante
<i>Science Direct</i>	RFID	60	Ohashi et al. (2010)	Yao; Chu; Li (2011)
	Zigbee	31	Anchora et al. (2014)	Anchora et al. (2014)
	Blockchain	40	Theodorou; Sklavos (2019)	Hussien et al. (2021)
	Virtual Reality/Augmented Reality	28	Neil (2009)	Javaid; Khan (2021)
	WSN	73	Kim; Park (2009)	Mirhosseini et al. (2021)
	Big Data	121	Moosavi et al. (2015)	Renugadevi; Saravanan; Naga Sudha (2021)
	Cloud Computing	115	Nazir; Hasbullah (2013)	Fischer et al. (2020)
	Fog Computing	38	Goleva et al. (2017)	Al Muhtadi et al. (2021)

Fonte: elaboração própria

Renugadevi; Saravanan; Naga Sudha (2021) tratam do *Big Data Analytics* no ambiente de *healthcare* contextualizado ao período da pandemia de 2020 e é apontado como o trabalho mais relevante na temática pela base *Science Direct*.

Os trabalhos mais antigos abordam a Realidade Virtual como uma forma de aperfeiçoar o ensino na saúde (NEIL, 2009) e uma combinação do WSN com um protocolo de transporte MAC para melhoria na eficiência energética (KIM; PARK, 2009).

No próximo capítulo cada tecnologia será abordada mais a fundo para entender seu funcionamento e aplicação nos *Smart Hospitals*. Além disso, será apresentada algumas das principais definições de *Smart Hospital*.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica do trabalho, resultado da pesquisa realizada conforme descrito no capítulo anterior. Traz uma breve definição de Smart Hospital, as principais tecnologias utilizadas e o seu uso no Brasil e no mundo.

3.1 DEFINIÇÃO DE SMART HOSPITAL

Para descobrir o caminho a ser trilhado por um hospital tradicional com o objetivo de se tornar um hospital inteligente é necessário, antes de tudo, compreender o que é um hospital inteligente ou *smart hospital*.

Para Ilyashenko; Ilin; Kurapeev (2018), o *smart hospital* se baseia em processos otimizados e automatizados utilizando a tecnologia da informação de acordo com o conceito de Health 4.0. O objetivo é que a organização de saúde melhore os procedimentos existentes para o atendimento ao paciente implementando tecnologias médicas avançadas. Assim, estes autores acreditam que os objetivos estratégicos de um smart hospital são fornecer um atendimento de qualidade ao paciente no hospital e remotamente e; garantir um fluxo eficiente de pacientes e de informações médicas mantendo sempre o nível necessário de proteção aos dados do paciente. Com isto, o hospital busca aumentar as capacidades diagnósticas, cirúrgicas e organizacionais.

Chen et al. (2016) especificam um pouco mais o tipo de tecnologia utilizada. Para eles, o ambiente inteligente melhora a experiência e o comportamento das pessoas em um espaço físico e isto acontece porque o ambiente consegue coletar informações úteis dos indivíduos utilizando novas tecnologias. Uma rede de sensores sem fio, uma tecnologia de nuvem ou sistemas e dispositivos inteligentes são algumas tecnologias utilizadas capazes de coletar informações relevantes. Estas informações irão apoiar na tomada de decisão de um sistema de saúde inteligente fornecendo informações sobre as pessoas no ambiente e gerenciando os recursos de saúde.

Os autores Ilin; Ilyaschenko; Konradi (2018) reafirmam a otimização e automatização de processos dita por Ilyashenko; Ilin; Kurapeev (2018) e acrescentam que o foco é melhorar procedimentos existentes e implementar novas oportunidades de tratamento e cuidado aos pacientes. Eles lembram, também, da importância de algumas soluções de TI como a SAP e a IBM que ajuda a resolver problemas relativos à redução de custos no sistema de saúde, mantendo o nível de qualidade de saúde exigido. Os autores também trazem o conceito do 4P na medicina: medicina preventiva, medicina participativa, medicina preditiva e medicina personalizada. Este conceito só é possível ser aplicado se associado à tecnologia, pois trata-se da convergência de sistemas médicos e da revolução digital (HOOD, 2013).

Entretanto, estas definições são de autores cujos trabalhos foram aplicados à realidade da Rússia, do Reino Unido e dos EUA, respectivamente, e, portanto, distantes da realidade brasileira ou mesmo da latino-americana. Com uma visão diferente das definições anteriores, infere-se a partir de Fischer et al. (2020) que em países subdesenvolvidos o elevado número de pacientes associado à falta de recursos leva a tempos de espera excessivamente elevados, causando não somente uma má qualidade no atendimento, mas podendo também levar pacientes a óbito.

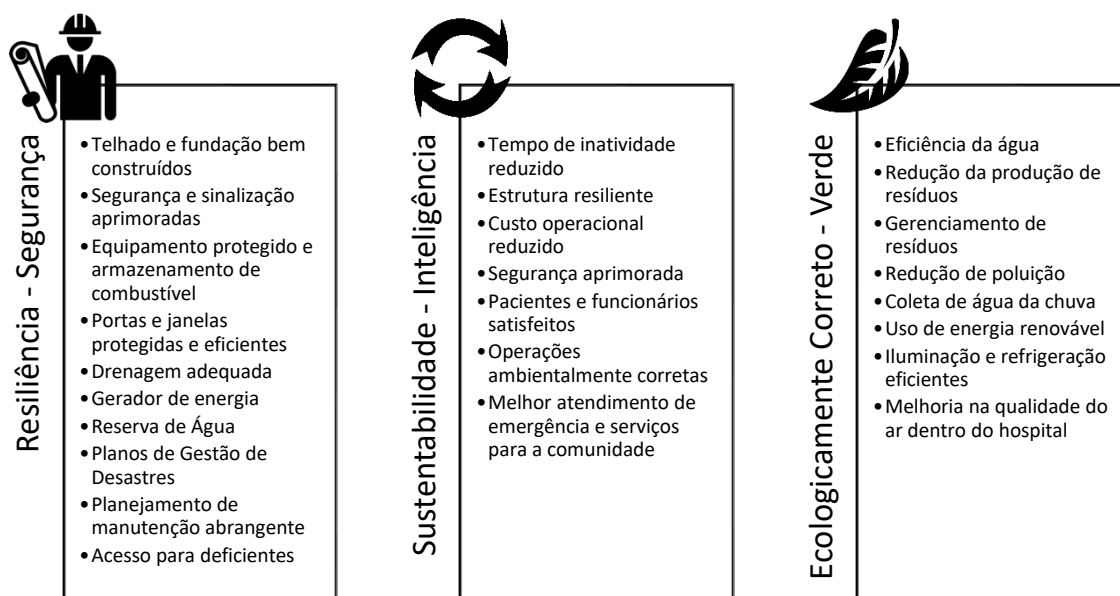
Outra definição interessante e com a visão voltada para a América Latina, especificamente o Caribe, é a de García et al. (2018). Estes autores se basearam no trabalho *Herramienta para Hospitales Inteligentes* (2018) da OMS que, diante da grande quantidade de desastres naturais como furacões, terremotos e enchentes no Caribe, ressalta a importância de um hospital se manter ativo apesar do desastre natural, ou não natural, que possa vir a ocorrer. Assim, um hospital só pode ser considerado “smart” se atender a dois critérios juntos: o hospital deve ser seguro e deve ser verde. No quesito segurança, o hospital deve garantir:

- segurança estrutural, que inclui a análise de falhas e sua causa raiz, podendo levar a melhorias na concepção, projeto e montagem de elementos estruturais e outros;
- não-estrutural, que garante a disponibilidade e a confiabilidade das linhas/equipes vitais e dos sistemas que as compõem, bem como dos equipamentos eletromédicos;
- funcional, onde a gestão da manutenção é um dos processos fundamentais que garantem a qualidade, sustentabilidade e eficiência dos serviços prestados.

E para ser considerado verde, o hospital deve primar por uma abordagem ecológica tendo operações energeticamente eficientes, uma gestão de resíduos efetiva, diminuindo o uso de água ou armazenando sua própria água. Ao atender estes dois critérios, o hospital será capaz de continuar funcionando adequadamente independente do que aconteça dentro e/ou fora do hospital.

Ainda nesta linha de hospital seguro e verde, no website da PAHO (2021) é possível acessar um artigo que discorre sobre a importância de o Smart Hospital ser seguro e verde. Este artigo, traz um quadro chamado *Smart Hospital Must Have* (Figura 6).

Figura 6: Características necessárias em um Smart Hospital



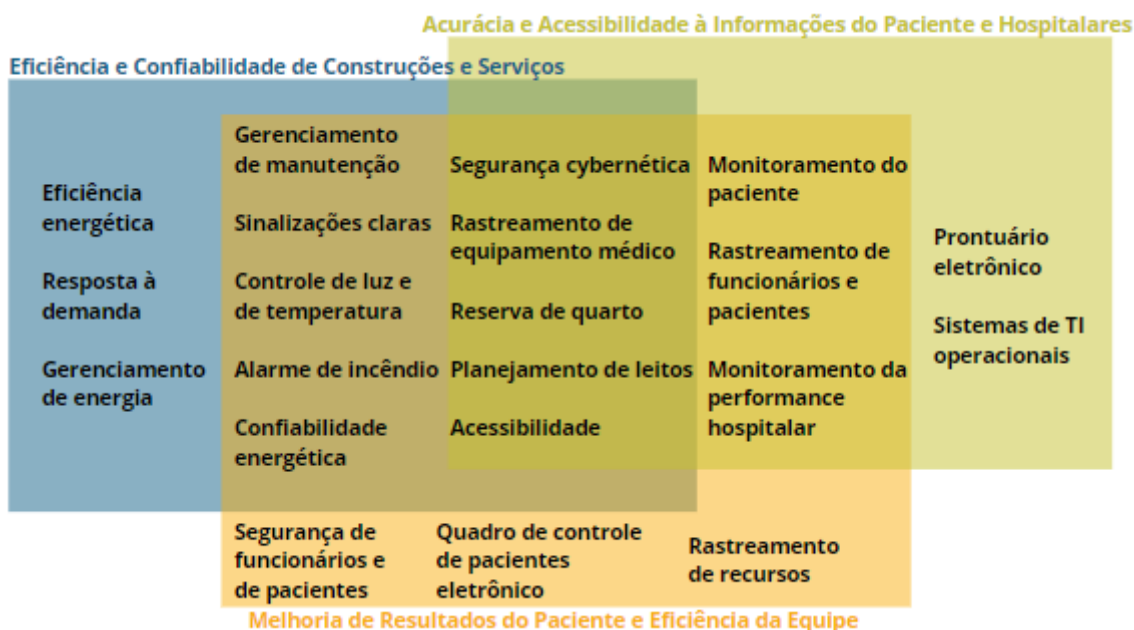
Fonte: Adaptado de PAHO (2021)

Ao descrever o que um hospital inteligente precisa atender, a PAHO traz três características para definir o que é seguro, inteligente e verde. A segurança do hospital está associada à sua resiliência, portanto, o hospital deve ser capaz de se adaptar à necessidade imposta pelo ambiente em que se

encontra; a inteligência do hospital se refere à sua sustentabilidade reduzindo custos e melhorando a qualidade de atendimento; e a parte verde do hospital se refere ao perfil ecologicamente correto.

Por fim, no *White Paper* da Siemens (2020) a empresa apresenta uma definição alinhada à definição da PAHO. Para a Siemens, um hospital inteligente deve utilizar a tecnologia da informação para integrar a infraestrutura hospitalar, as informações do paciente e do hospital e a eficiência no atendimento e da equipe hospitalar (Figura 7).

Figura 7: Visão da Siemens sobre o Smart Hospital



Fonte: adaptado de Siemens, (2020)

Para uma melhor visualização das definições encontradas, resumiu-se tudo no quadro abaixo destacando o artigo em que a definição foi encontrada, a definição dada e como o autor acredita que o Smart Hospital irá impactar na realidade hospitalar.

Quadro 2: Definições de Smart Hospital e seu impacto na realidade hospitalar

Artigos	Definição de Smart Hospital	Impacto
Ilyashenko; Ilin; Kurapeev (2018)	Organização de saúde baseada em processos otimizados e automatizados utilizando a TI com conceitos de Health 4.0.	Atendimento de qualidade no hospital; Atendimento de qualidade remotamente; Fluxo eficiente de paciente; Fluxo eficiente de informações médicas; Proteção dos dados do paciente; Aumento da capacidade diagnóstica, cirúrgica e organizacional;

Chen et al. (2016)	Utiliza novas tecnologias para coletar informações úteis dos indivíduos e, assim, melhorar a experiência e o comportamento do indivíduo no ambiente.	Apoia na tomada de decisão de Sistemas de Saúde Inteligentes; Fornecer informações sobre as pessoas; Gerencia os recursos de saúde de forma inteligente;
Ilin; Ilyaschenko; Konradi (2018)	Organização de saúde baseada em processos otimizados e automatizados utilizando a TI para melhorar procedimentos existentes e implementar novas oportunidades de tratamento e cuidado aos pacientes.	Melhoria em procedimentos existentes; Implementação de novos tratamentos e cuidados; Redução de custos; Atendimento de qualidade;
Fischer et al. (2020)	Hospital que consegue gerenciar bem os seus recursos físicos e humanos para atender aos pacientes de o mais rápido possível e da melhor forma possível.	Gerenciamento de recursos humanos utilizando técnicas de predição de demanda dos pacientes;
García et al. (2018)	Um hospital só pode ser considerado smart se ele for seguro e verde.	Segurança estrutural, não-estrutural e funcional; Funcionamento das equipes e sistemas vitais; Manutenção regularmente; Atendimento de qualidade; Sustentabilidade;
PAHO (2021)	Um hospital inteligente (seguro e verde), deve ter edifícios e operações resilientes, com o seu impacto ambiental mitigado e a sua poluição reduzida.	Construção sólida e segura; Reserva de água e de energia (gerador); Custo operacional reduzido; Pacientes e funcionários satisfeitos; Gerenciamento de resíduos; Coleta de água da chuva;
Siemens (2020)	Um hospital inteligente deve utilizar a tecnologia da informação para integrar a infraestrutura hospitalar, as informações do paciente e do hospital e a eficiência no atendimento e da equipe hospitalar.	Eficiência energética; Resposta de demanda; Gerenciamento de manutenção; Manutenção preditiva; Quadro Branco Digital; Acompanhamento de bens; Planejamento de leitos; Acesso ao site; Monitoramento de pacientes; Acompanhamento de desempenho hospitalar;

Fonte: elaboração própria

Com estas definições e impactos na realidade hospitalar em mente, é possível entender o *Smart Hospital* como uma organização de saúde que emprega diversas tecnologias de informação para garantir o pleno funcionamento do hospital. Essas tecnologias são utilizadas para otimizar e automatizar os processos do hospital e, assim, obter um atendimento de qualidade aos pacientes, uma alocação de recursos físicos, financeiros e humanos eficiente e manter a pegada ecológica do hospital positiva.

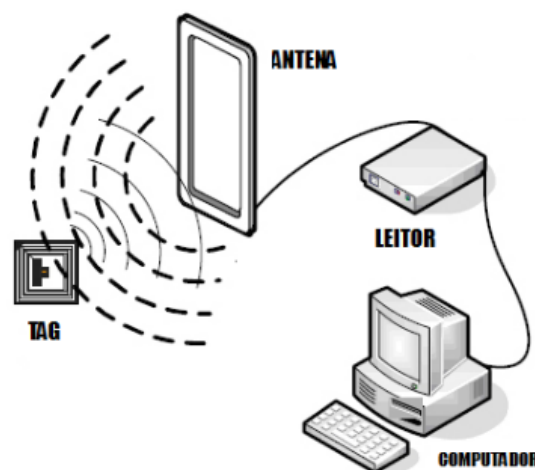
3.2 TECNOLOGIAS UTILIZADAS EM SMART HOSPITAL

A partir do entendimento do que é um *smart hospital*, busca-se identificar como as tecnologias utilizadas ajudam no pleno funcionamento do hospital e melhoram o seu desempenho geral. A tecnologia com mais resultados, tendo também sido citada em diversos artigos, foi a *RFID* (Tabela 2 e Tabela 3).

A tecnologia RFID utiliza a frequência de rádio para a obtenção de dados. A forma mais comum de se obter esses dados é utilizando um microchip para armazenar o número de série referente a informação que se deseja armazenar (pessoa, objeto ou dados) (GTA-UFRJ, 2007).

Esta tecnologia funciona, basicamente, com três componentes: o transponder (*tag*), o leitor e a antena (Figura 8) (RODRIGUES; BORGES; BARWALDT, 2017).

Figura 8: Componentes do RFID



Fonte: Rodrigues; Borges; Barwaldt (2017)

1. Transponder (*tag*) – utilizado para identificar os diferentes elementos onde está acoplado, podendo ser uma *tag* passiva ou ativa (Figura 9).

Figura 9: Comparativo entre tag ativa e passiva no RFID



Fonte: adaptado de GTA-UFRJ (2007)

- a. *Tag Passiva*: em geral, sua alimentação vem das ondas eletromagnéticas do próprio leitor, dispensando o uso de baterias. Normalmente essas *tags* são apenas para leitura o que as torna mais econômicas e com uma vida útil – em teoria – ilimitada, porém utilizado apenas em curtas distâncias;
 - b. *Tag Ativa*: são alimentados por uma bateria interna e permitem o processo de leitura e escrita, conseqüentemente, são *tags* maiores e com uma vida útil de no máximo 10 anos;
2. Leitor – controla os diversos acessos, corrige possíveis erros e envia as informações coletadas pela antena para sistemas externos de processamento de dados.
 3. Antena – é o elemento responsável por estabelecer a comunicação entre a tag e o leitor.

O *RFID* permite a captura automática de dados coletados a partir de dispositivos eletrônicos (etiquetas eletrônicas, tags, RF tags ou transponders) que identificam o objeto e emitem sinais de radiofrequência. Esses sinais são captados pela antena que estabelece uma conexão com os leitores. Estes, por sua vez, enviam os dados coletados para sistemas externos capazes de processar os dados (GTA-UFRJ, 2007; SANTANA, 2005)(GTA-UFRJ, 2007).

No ambiente hospitalar *smart*, o *RFID* pode ser utilizado para a identificação de uma ampla variedade de objetos. Santana (2005) relata o uso de microplaquetas de computador injetadas no tecido do braço para coletar informações vitais do paciente, tais como tipo sanguíneo, alergias, histórico medicamentoso e a identificação do paciente. O uso dessa microplaqueta é utilizado, principalmente, em pacientes com doenças crônicas como Alzheimer, diabetes, doenças cardiovasculares e outras igualmente complexas em seu tratamento.

Entretanto, o *RFID* possui uma vasta possibilidade de aplicações e é importante conhecer as diferentes formas de uso a fim de enxergar uma nova possibilidade de aplicação na área da saúde. Assim, o quadro abaixo apresenta as diferentes formas de aplicação do *RFID*.

Aplicação	Descrição
Indústria e Logística	Na indústria o <i>RFID</i> é utilizado para a identificação de ferramentas, produtos, recipientes e pessoas, auxiliando em processos de manutenção e melhorando a qualidade do serviço, bem como a segurança na indústria. Na logística é usada para identificar e monitorar os veículos e suas cargas.
Comercial	Amplamente utilizado para a verificação de preço, especificações e compra de produtos.
Gerenciamento	Utilizado na gerência de estoques e armazéns com alta movimentação de produtos pois permite o controle de forma rápida e ágil. Também pode ser utilizado no gerenciamento de bibliotecas.
Segurança	Utilizada para controlar o acesso de pessoas a prédios, a saída de mercadoria do estoque e a quantidade de produto em estoque.
Identificação e Rastreamento	A principal aplicação do <i>RFID</i> é a identificação e rastreamento. Vê-se isso na indústria quando utiliza essa tecnologia para o rastreamento de automóveis, no comércio para identificar um produto e na saúde para identificar e monitorar a saúde de um animal ou humano.

Fonte: adaptado de GTA-UFRJ (2007) e Santana (2005).

Apesar de facilitar a identificação e localização de objetos fixos ou móveis (KUBITZ et al., 1997), o *RFID* possui uma limitação física de atuação, pois os objetos precisam estar a um máximo de 100 metros de distância. A fim de organizar os sensores em uma rede, Catarinucci et al. (2014 e 2015) propõe associar essa tecnologia ao WSN e ao protocolo *Zigbee*, assim os nós da rede – dispositivos *RFID* – se conectam a um nó central e, em caso de emergência, aciona o médico e/ou enfermeiro pelo celular.

O protocolo *Zigbee*, citado acima, é um padrão desenvolvido por um conjunto de empresas da área de telecomunicações. Ele busca transmitir dados de forma confiável sem a utilização de fios, com baixas taxas de consumo de energia e de latência, de modo bem semelhante ao *Bluetooth*. Entretanto, o *bluetooth* é mais utilizado para o monitoramento da saúde do paciente de modo particular. Oliveira et al. (2020) propuseram uma arquitetura de rede de dispositivos médicos com *Software Define Network* (SDN) que considera o uso do *bluetooth* apenas para Dispositivos Médicos Pessoais e Agregadores de Dados. Isso porque o *bluetooth* é uma tecnologia amplamente difundida em dispositivos pessoais e consegue compartilhar informações com dispositivos médicos. Além disso, o *RFID* e o *Zigbee*, por terem um alcance confiável maior, são mais indicados para o rastreamento e localização de objetos e/ou pessoa – função mais utilizada dentro de um hospital. O *bluetooth* também pode ser indicado para a automação predial e de infraestrutura do hospital, como controle da iluminação do quarto, da temperatura do ar condicionado, e da posição do leito (ALRASHEED; ATKINS; CAMPION, 2018).

Ainda na tecnologia *bluetooth*, existe uma categoria chamada *Bluetooth Low Energy*, também conhecida como *beacon*. O grande diferencial dessa categoria é que ele emite um sinal de rádio de forma intermitente, quando um receptor daquele sinal se aproxima ativa o beacon, assim, o seu consumo de energia é muito menor. Além disso, por se tratar de ondas de rádio o alcance do sinal é maior que o do *bluetooth* comum, ultrapassando objetos e paredes de concreto. Entretanto, o *beacon* ainda depende de

duas coisas no receptor: que o aplicativo do hospital ou do sistema esteja instalado no dispositivo e que o *bluetooth* esteja ativo (ENDEAVOR, 2017; FAMILIAR et al., 2012).

As tecnologias citadas até aqui e outras como WLAN, GPS, UWB, NFC e radiação infravermelha são consideradas por Alrasheed; Atkins; Campion (2018) como tecnologias de localização interna e sistema de rastreamento. Mas um hospital precisa não somente de rastreamento e localização em tempo real. Uma função que um hospital, principalmente em um smart hospital, precisa desempenhar muito bem é a segurança dos dados dos seus pacientes, funcionários e do hospital. E para isso, uma tecnologia que foi muito difundida devido as criptomoedas é o *blockchain*.

O Blockchain é essencialmente um livro-razão descentralizado programado para registrar transações financeiras online de forma segura e que não possam ser manipuladas. Cada transação é assinada digitalmente pelas partes para garantir sua autenticidade e segurança. O livro razão opera por contratos inteligentes, onde as duas partes concordam em colocar cada transação em um bloco, contendo dados e informações, e validar esse bloco (JAMIL et al., 2020). Hussien et al. (2021), acrescentam que o principal objetivo do *blockchain* é garantir uma transação segura e transparente entre duas partes sem a necessidade de um terceiro intermediando a transação. Sendo uma rede com alta segurança e de difícil manipulação de dados – alguns consideram impossível –, o *blockchain* passou a ser visto como uma solução não só para o mercado financeiro, mas para toda transação em que a segurança e a autenticidade dos dados e das informações compartilhadas fossem cruciais (BOCEK et al., 2017). Jamil et al. (2019) utilizam essa tecnologia associada ao *Hyperledger Fabric* para desenvolver um sistema seguro de distribuição e controle de fármacos. Mas o uso do *blockchain* expandiu de forma a possibilitar o monitoramento dos custos, da mão de obra, e, também, dos resíduos e emissões em cada etapa da cadeia de abastecimento (BOCEK et al., 2017).

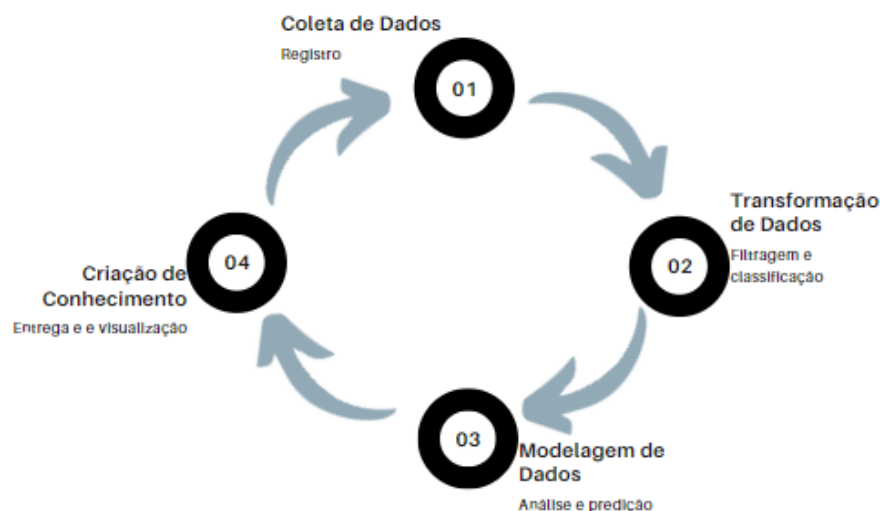
Além da segurança dos dados, é importante para médicos e pacientes que as informações médicas relevantes sejam compartilhadas de imediato com as pessoas certas. Neste ponto, muitos hospitais utilizam do *cloud computing* e *fog computing*. Kumar et al. (2019) compara as duas tecnologias e mostra as sutis diferenças entre as duas, mas também afirma que, apesar de a *fog computing* ser uma evolução da *cloud computing*, as duas tecnologias se complementam. A principal forma de uso dessas tecnologias nos hospitais é no compartilhamento de documentos e exames entre as equipes médicas e os pacientes em tempo real, como citado mais adiante no Quadro 4. Mas um *smart hospital* não vai trabalhar somente com documentos, com tanta tecnologia no ambiente hospitalar se comunicando entre si, sensores espalhados pelo hospital e os aparelhos da equipe médica e do paciente estando também conectados a tudo, percebe-se logo que a quantidade de dados “voando” no hospital é imensa. É neste momento que o *Big Data* pode ser um forte aliado do hospital (OLIVEIRA et al., 2020).

Amplamente difundido em diversas companhias e multinacionais, o *Big Data* é visto como uma tecnologia crucial para que as empresas entendam melhor as necessidades dos seus clientes, como reduzir custos, mitigar riscos, monitorar possíveis fraudes e tornar os processos da empresa mais eficientes. É uma ferramenta que auxilia nas tomadas de decisão, tornando-as melhores e mais rápidas (RENUGADEVI; SARAVANAN; NAGA SUDHA, 2021).

O *Big Data* é recomendado quando há a presença de três características dos dados: a quantidade de dados que precisam ser processados é muito grande e, às vezes, não estruturado; os dados nem sempre

chegam estruturados e prontos para um BD relacional comum, muitos dados como vídeos e áudios precisam ser pré processados para que o dado passe a ter significado; os dados são gerados rapidamente e o tempo todo. Renugadevi; Saravanan; Naga Sudha (2021) relatam a veracidade dos dados como mais uma característica do *Big Data* pois, como a quantidade de dados entrando é alta, eles devem ser constantemente verificados para garantir a veracidade dos dados. Assim, para o funcionamento adequado do *Big Data* deve-se seguir um ciclo básico de vida: coletar os dados, transformar os dados, modelar os dados e, por fim, a criação do conhecimento (Figura 10).

Figura 10: Ciclo de vida do Big Data



Fonte: adaptado de Renugadevi; Saravanan; Naga Sudha (2021)

Por fim, a *virtual reality* e a *augmented reality* são utilizadas para proporcionar experiências que simulem situações da vida real. Isto foi visto no artigo de Neil (2009) que utilizou desta tecnologia para aprimorar a educação na saúde, mas também foi apontado como resultado de uma pesquisa por Javaid; Khan (2021) o uso dessas tecnologias para o combate a COVID-19. Nesse estudo, consideraram o uso dessa tecnologia para auxiliar em projetos de novos leitos e na melhoria do planejamento, segurança e eficiência no tratamento contra a COVID-19. No quadro a seguir, encontra-se um resumo das tecnologias utilizadas nos *Smart Hospitals*.

Quadro 4: Tecnologias utilizadas em Smart Hospital

Tecnologia	Uso
RFID	Rastreamento e monitoramento em tempo real de recursos, controle de acesso e gerenciamento de estoque
Zigbee	Saúde pessoal, automação de construções e controle
Beacons	Controle de acesso e prontuários eletrônicos
Bluetooth	Comunicação, rastreamento e mobiles
Blockchain	Sistema de gerenciamento
Cloud Computing /Fog Computing	Compartilhamento em tempo real de documentos e exames de imagem e/ou vídeos
Big data	Análise de dados coletados em sensores de sinais vitais e/ou de monitoramento do ambiente hospitalar

<i>Virtual Reality/Augmented Reality</i>	Ensino da saúde, interação com pacientes internados ou acompanhantes
Sensores	Monitoramento de sinais vitais e do ambiente hospitalar

Fonte: elaboração própria

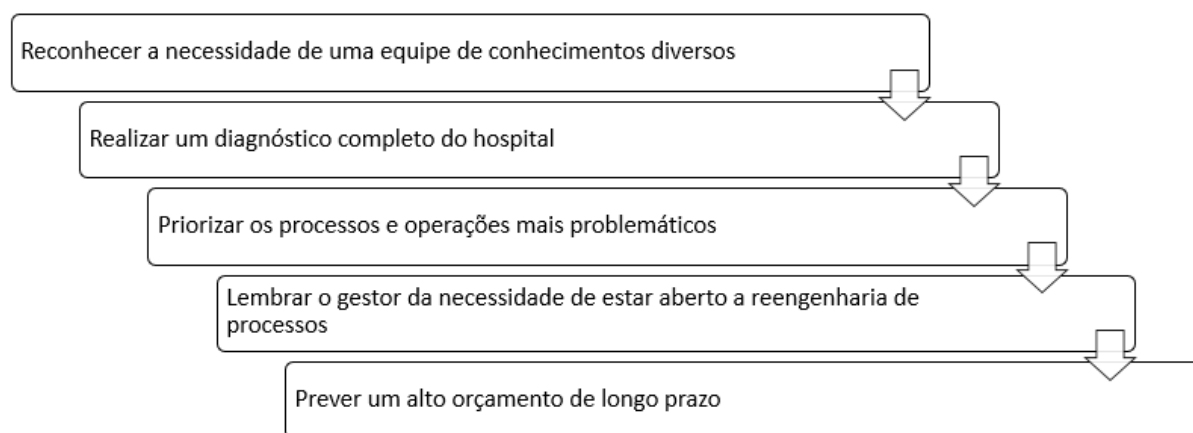
Essas foram algumas das principais tecnologias citadas durante as pesquisas para este trabalho. Entretanto, a tecnologia está em constante evolução e, portanto, não se esgota apenas nas aqui apresentadas.

3.3 IMPLEMENTANDO UM SMART HOSPITAL

Durante a pesquisa bibliográfica foram encontrados pelo menos dois documentos relatando a implementação de um smart hospital em um hospital tradicional.

O primeiro documento foi o White Paper da Siemens (2020), nele a empresa trouxe não somente a sua visão sobre o que é um smart hospital e como ele pode agregar valor à vida da sociedade, mas também apontou um possível caminho para iniciar um smart hospital. O relatório divide esse caminho em cinco etapas (Figura 11).

Figura 11: Passos do White Paper Siemens para a implantação de um Smart Hospital



Fonte: adaptado de Siemens (2020)

A primeira é reconhecer que um smart hospital exige um vasto conhecimento fora da medicina, então não é possível gerenciar um hospital inteligente sem ter especialistas de diversas áreas da saúde, mas também da tecnologia, da gestão e do financeiro. O segundo ponto é fazer um diagnóstico completo do hospital que deseja se tornar smart. Compreender claramente o estado atual do hospital em termos tecnológicos e de processos influencia diretamente no nível de investimento adequado e viável que o hospital terá que arcar. Além disso, o hospital precisa levantar normas técnicas e legislações vigentes no país em que se encontra para não se deparar com um impeditivo mais adiante.

O terceiro passo, também é um tipo de diagnóstico, mas desta vez a ideia é levantar os processos e operações mais problemáticos do hospital e priorizar qual deve ser atendido primeiro e por qual tecnologia existente. Isso irá ajudar nas decisões de investimento e a escolher tecnologias que eliminem ou mitigam os problemas de alto impacto. O quarto ponto, lembra o tomador de decisão que mais do que escolher a tecnologia adequada, deve-se observar como esta tecnologia é usada e estar aberto a uma reengenharia de processos. O relatório apresenta o exemplo de um hospital que combinou a tecnologia

de localização em tempo real e de veículos automatizados para reduzir a necessidade de carregadores transportando manualmente as entregas. Os enfermeiros podem monitorar a localização exata dos produtos solicitados e equipamentos móveis dentro do hospital, isso melhorou a eficiência da equipe e reduziu a oportunidade de erro humano.

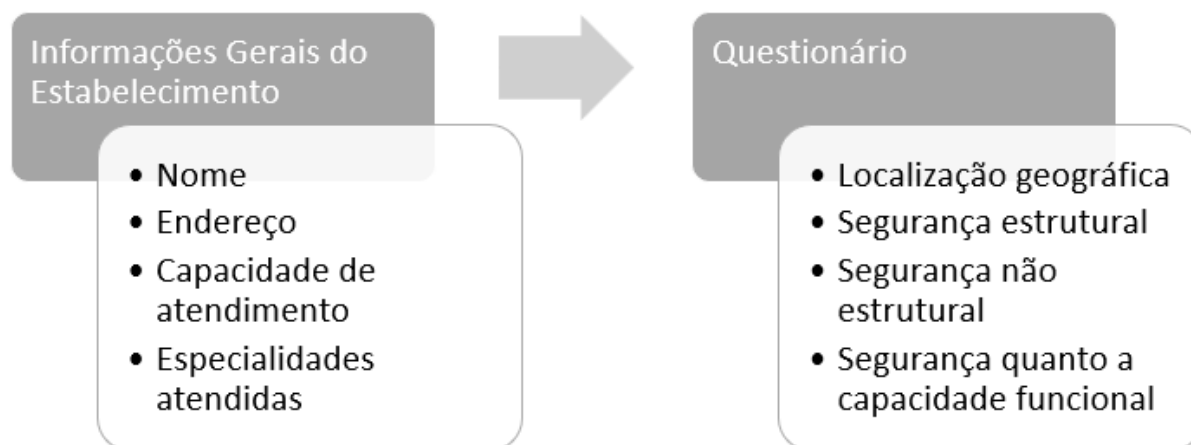
O último passo mostra que um alto investimento não é feito, nem terminado rapidamente. Assim, o hospital deve prever um orçamento generoso por um longo período fazendo uma sequência de investimentos. Além disso, um hospital permanece aberto 24 horas por dia e sete dias na semana, ele não pode parar para fazer uma grande atualização de sistema, portanto, deve-se priorizar sistemas abertos para formar a base do hospital inteligente, superar problemas de integração legados e apoiar investimentos futuros.

O outro documento que também descreve uma forma de implementar hospitais inteligentes é o *Herramienta para Hospitales Inteligentes* (2018). Neste documento, a OMS apresenta três ferramentas para implementar um hospital inteligente considerando o conceito exposto por García et al. (2018) de que um hospital deve ser seguro e verde. Mas vale ressaltar que estas ferramentas foram desenvolvidas pensando na realidade do Caribe, portanto, neste trabalho será abordada a ferramenta traduzida e adaptada a realidade brasileira por Cardoso (2018). As ferramentas apresentadas nestes documentos são três listas de verificações extensas que vão passar desde a estrutura física do hospital até a forma como os resíduos são descartados.

Essa ferramenta pode ser dividida em duas partes “informações gerais do estabelecimento” e um questionário (Figura 12). A primeira parte irá coletar informações básicas sobre o hospital e sua capacidade de funcionamento; o questionário irá coletar informações sobre o local e a segurança do hospital sendo dividido em quatro grandes tópicos:

1. aspectos relacionados com a localização geográfica do estabelecimento de saúde;
2. aspectos relacionados com a segurança estrutural, trata-se de colunas, vigas, muros, lajes e outros, são elementos estruturais que fazem parte do sistema de suporte da edificação;
3. aspectos relacionados com a segurança não estrutural do hospital, são elementos que não fazem parte do sistema de suporte da edificação como elementos arquitetônicos, equipamentos e sistemas necessários para a operação do estabelecimento;
4. aspectos relacionados com a segurança com base na capacidade funcional, se refere ao nível de preparação para emergências massivas e desastres do pessoal que trabalha no hospital assim como o grau de implementação do plano hospitalar para casos de desastre.

Figura 12: Etapas da Ferramenta para Hospitais Inteligentes da OMS



Fonte: adaptado de Cardoso (2018)

No total, são 145 perguntas para entregar um diagnóstico completo sobre o hospital e, assim, o hospital pode agir em direção a se tornar inteligente. Assim, percebe-se que esses dois documentos apontam para três passos básicos para a implementação de um Smart Hospital (Figura 13).

Figura 13: Passos básicos para a implementação do Smart Hospital



Fonte: elaboração própria

O Diagnóstico será o momento de levantar todos os processos hospitalares, as tecnologias utilizadas e a situação estrutural do hospital; a Priorização irá ditar quais processos e situações estruturais serão trabalhadas primeiro e com quais tecnologias; por fim, a Melhoria Contínua visto que o investimento em um *Smart Hospital* deve ser entendido como algo constante, sequencial e cabível de frequente revisão.

3.3.1 Smart Hospital no Mundo

Após a revolução industrial, a tecnologia protagonizou uma constante evolução e influência na humanidade. Desde então, a tecnologia avançou em material, em uso, em tamanho e em conectividade. Atualmente, já se fala de objetos (*smartphones*, *smarwatches*, *smartdevices*), prédios e cidades interligados tecnologicamente e denominados *smart*.

Seguindo esse crescimento tecnológico e a tendência de interconectividade, muitos hospitais estão investindo a fim de obter tecnologias de ponta para realizar atendimentos da melhor forma possível. Em uma pesquisa recente da Healthcare Global (2020) foram elencados os dez melhores *Smart Hospital* do mundo (Quadro 5).

Hospital	Tecnologias
 <p data-bbox="539 409 893 483">Houston Methodist Hospital – Houston, EUA</p>	<p data-bbox="992 181 1407 707">Este hospital se tornou referência no ramo dos Smart Hospitals por ser líder no trabalho com a robótica, principalmente quando se trata de cirurgias. Além disso, o hospital possui uma “clínica laboratório” onde consegue testar todas as possíveis aplicações de tecnologia para a melhoria do hospital. No site do hospital é possível fazer um <i>tour</i> virtual (HOUSTON METHODIST, 2021).</p>
 <p data-bbox="539 1043 970 1072">Saratoga Hospital – New York, EUA</p>	<p data-bbox="992 728 1407 1391">Possui pelo menos duas salas cirúrgicas equipadas com robôs cirúrgicos. Além disso, em 2015 a sua nova UTI foi inaugurada com bombas de infusão intravenosa <i>smart</i> – Giuliano (2015) demonstra que este equipamento ajuda a melhorar o atendimento e a diminuir os erros medicamentosos nas UTI – e com o sistema de monitoramento de paciente mais avançado da época. Este sistema emite alertas para a equipe médica assim que o estado do paciente se altera.</p>
 <p data-bbox="539 1700 970 1774">Fortis Memorial Research Institute – Bangalore, Índia</p>	<p data-bbox="992 1408 1407 2065">É pioneiro no uso de novas tecnologias. Recentemente, passou a utilizar a IA para identificar pessoas com a retinopatia diabética, uma doença ocular associada ao diabetes. Destaca-se que Balasopoulou et al. (2017) estuda a aplicação da IA na detecção desta e de outras doenças, o que auxilia em um diagnóstico prematuro e um tratamento adequado. Além disso, o hospital conta com um scanner ICT de última geração capaz de capturar uma imagem completa</p>

do coração em apenas dois batimentos cardíacos.



Cleveland Clinic – Ohio, EUA

Em 2016 o hospital firmou uma parceria com a Microsoft para utilizar a Cortana – assistente de IA da empresa tecnológica – para auxiliar na identificação de pacientes de maior risco na UTI. Essa análise de dados possibilitou que a equipe do hospital identificasse emergências médicas antes que elas ocorressem. Com isso, este hospital é constantemente considerado um dos melhores dos EUA nas pesquisas de opinião.



Upper River Valley Hospital – New Brunswick, Canadá

Este hospital utiliza a tecnologia para melhorar os resultados dos pacientes e, também, para ser o mais ecológico possível. O hospital possui um sistema eletrônico de documentação clínica muito eficiente, o que não só possibilita que as informações do paciente sejam compartilhadas rapidamente dentro e fora do hospital, mas, também o torna completamente livre de papéis.



St. Olavs Hospital – Trondheim, Noruega

Utiliza bastante a tecnologia *wireless*. Toda a equipe recebe telefones sem fio e tablets que os auxiliam na solicitação de medicamentos, de exames laboratoriais e de raios-X. O hospital também trabalha em colaboração com a Universidade Norueguesa de Ciência e Tecnologia, isso permite que o hospital seja pioneiro em novas formas de trabalho.



Wooridul Spine Hospital – Seul,
Coréia do Sul

É considerada uma das melhores clínicas para tratamento da coluna vertebral do mundo. Suas cirurgias são guiadas por computadores e utilizam o 3D e a IA para cirurgia de articulação e substituição de disco, ambos artificiais.



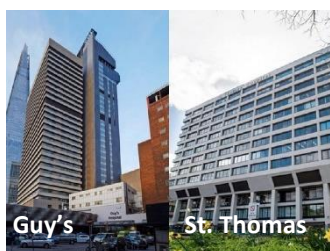
The Johns Hopkins Hospital –
Baltimore, EUA

Utiliza as tecnologias mais avançadas do mercado para a realização de cirurgias e possui um “centro de comando” para gerenciar os leitos, alocar a equipe médica e despachar ambulâncias. O hospital também utiliza da automação para eliminar o desperdício e gerenciar os suprimentos.



Gleneagles Medical Center – Tanglin,
Singapura

Especializada em coluna vertebral e neurocirurgia, este hospital utiliza a robótica e a IA para realizar os atendimentos. Isso garantiu o posto de um dos melhores hospitais do sudeste asiático.



Guy's and St. Thomas – Reino Unido

Desde 2004 estes dois hospitais utilizam o Da Vinci Surgical Systems – cirurgia assistida por robô para ajudar nos procedimentos urológicos – e, recentemente, atualizaram para o Sistema Cirúrgico Vinci "Si" – um robô com quatro braços e um console duplo que permite dois médicos operando ao mesmo tempo. Estes hospitais também utilizam a tecnologia *touchless* para minimizar o risco de infecções.

Fonte: Healthcare Global (2020)

O Quadro 5 mostra como a robótica e a IA são amplamente utilizadas nos melhores *Smart Hospital* do mundo para realização de procedimentos cirúrgicos., seja para obter maior precisão no momento da cirurgia ou para garantir menor risco de infecções e contaminações. Isso é um indício de uma tendência de estudos e investimentos na área.

3.3.2 Smart Hospital no Brasil

Da mesma forma, no Brasil, verifica-se que os hospitais procuram a melhor forma de atendimento e tratamento aos pacientes e a pandemia de 2020 foi um catalisador para esta área. Em 2021, alguns hospitais brasileiros apareceram na lista de melhores Smart Hospital do mundo da Newsweek (STATISTA, 2021) e com uma rápida pesquisa na internet foi possível constatar os principais hospitais considerado *smart* no Brasil (Quadro 6).

Quadro 6: Principais Smart Hospitals no Brasil

Hospital	Tecnologias
 <p data-bbox="624 817 967 846">Hospital Albert Einstein – SP</p>	<p data-bbox="997 504 1410 1167">O hospital disponibiliza de aplicativos para os pacientes – agendamento de consultas e exames, contato direto com o médico, envio de exames acesso ao prontuário –, para os médicos – gerenciamento de parto, dosagem de bussulfano e tratamento de hepatite C – e para empresas e hospitais – auxílio em tratamentos dermatológicos e lesões na pele e um app de escala inteligente de equipe (HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN, 2021).</p>
 <p data-bbox="632 1406 959 1435">Hospital Sírio-Libanês – SP</p>	<p data-bbox="997 1187 1410 1666">O hospital investe em tecnologia de ponta e em pesquisa para estar sempre atualizada. Além disso, oferece serviços de patologia cirúrgica, Citopatologia e patologia molecular, apoiado por tecnologia de ponta, qualidade dos processos e alto grau de especialização de seus profissionais (SÍRIO-LIBANÊS, 2021).</p>
 <p data-bbox="600 1794 991 1868">BP – A Beneficência Portuguesa de São Paulo – SP</p>	<p data-bbox="997 1680 1410 1980">O hospital possui atendimento por teleconsulta, pronto atendimento digital, permite consultar resultados de exames pelo site, agendamento online e cirurgia robótica (BENEFICÊNCIA PORTUGUESA, 2021).</p>



Rede D'or – BA, CE, DF, MA,
PR, PE, RJ, SP e SE

Marcação de consultas e exames pelo site, teleconsulta, controle de mecanismos simples do quarto do paciente como temperatura, luz e televisão e cirurgias robóticas com o robô Da Vinci Si (REDE D'OR, 2021).



Hospital das Forças Armadas –
DF

Durante o período da pandemia existiu uma parceria com o Hospital Albert Einstein para realizar teleatendimento. Entretanto, devido à baixa adesão, o teleatendimento foi suspenso e os responsáveis estão pensando em outra forma de modernização do atendimento (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2021)

Fonte: Statista (2021) e internet

O Quadro 6 mostra uma tendência semelhante ao dos maiores hospitais do mundo em investir na robótica e na IA para procedimentos cirúrgicos. Além disso, a maioria dos hospitais possuem algum tipo de atendimento virtual, seja um aplicativo de acompanhamento da saúde do paciente, marcação de consulta/exame ou um teleatendimento.

4 AVANÇOS E DESAFIOS TECNOLÓGICOS

Este capítulo apresenta uma síntese dos avanços e dos desafios tecnológicos no Smart Hospital. Apresenta também algumas possíveis soluções de acordo com a literatura.

A tecnologia pode ser uma importante aliada em diversos setores, inclusive no hospitalar, e ela está em constante evolução. Isso porque, apesar de ser um importante aliado, a tecnologia é limitada no seu alcance e precisa ser aprimorada. Assim, é possível verificar que a cada avanço tecnológico há também um desafio a ser transposto.

4.1 TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO

Algumas tecnologias foram apontadas em diferentes artigos como tecnologias de comunicação entre equipamentos e aparelhos. Elas visam transmitir dados e sinais de forma rápida e precisa, a seguir serão expostos algumas vantagens e desafios de cada uma delas.

O *RFID* foi a tecnologia mais estudada (Tabela 2 e Tabela 3) e mais prematura, tendo Kubitz et al. (1997) iniciado a sua pesquisa para definir com precisão a posição de robôs que pudessem auxiliar no transporte ou até mesmo na limpeza de hospitais. Essa necessidade de obter a informação a qualquer tempo, lugar e em qualquer coisa vista em Kubitz et al. (1997) é relacionada ao avanço das tecnologias de comunicação por Da Silva e De Oliveira (2017). Neste sentido, estes autores mostram que as *tags* do *RFID* podem ser utilizadas amplamente no setor hospitalar para identificar e monitorar em tempo real qualquer objeto, pessoa ou animal. Isso porque apesar de ter um alcance relativamente baixo, por se tratar de ondas de rádio o objeto não precisa estar em contato direto com o leitor, além disso, o custo para implantação do *RFID* é considerado baixo e a sua durabilidade alta.

Também na área de comunicação, o *bluetooth* é apontado como uma alternativa de fácil integração com aparelhos pessoais, baixo custo e capaz de transmitir dados mais complexos do que, por exemplo, o *zigbee*, outra tecnologia de comunicação. Este, por sua vez, suporta uma quantidade elevada de dispositivos conectados simultaneamente.

A tecnologia *beacons* combina as ondas de rádio com a versatilidade do *bluetooth* para aumentar o alcance do sinal e diminuir o seu uso de energia tornando o sinal intermitente, mas a tecnologia é dependente do *bluetooth* e de aplicativos pré-instalados para o pleno funcionamento.

4.2 TECNOLOGIAS DE ANÁLISE DE DADOS

Para o bom funcionamento de um hospital, toda a equipe hospitalar necessita obter informações corretas, rápidas e precisas. Para isso, além de equipamentos e aparelhos que se comuniquem bem é necessário o armazenamento, a análise e o compartilhamento de dados de forma correta. Assim, algumas tecnologias podem auxiliar nesse processo de análise de dados.

Uma dessas tecnologias é o *Big Data* que possibilita o processamento de um alto volume de dados de forma rápida, entretanto deve-se ter cautela quanto a privacidade dos dados, visto que dados de saúde são considerados sensíveis (BRASIL, 2018). Além disso, deve-se possibilitar o compartilhamento das informações em tempo real para todos os envolvidos no caso do paciente. Nestes dois pontos, é possível utilizar como aliada da segurança de dados a tecnologia de *blockchain* que possibilita vincular os dados de ponta a ponta, impedindo a fraude e o desvio de informações; e a *cloud computing* e a *fog computing* para o compartilhamento de documentos, exames e imagens entre a equipe médica e o paciente.

4.3 TECNOLOGIAS DE COLETA DE DADOS E APRENDIZADO

Por fim, os sensores são em diversos momentos utilizados para a coleta de dados e sinais vitais do paciente. Essa tecnologia é versátil e adaptável a qualquer topologia de rede, entretanto deve-se atentar para as possíveis interferências entre os sensores e as demais tecnologias de comunicação.

Além dos sensores, a *virtual reality* ou a *augmented reality* é utilizada para a realização de experimentos e ensino na saúde, entretanto, principalmente quando se trata de atendimento direto ao paciente, percebe-se que essa tecnologia não substitui o contato humano.

Diante de tudo que foi exposto neste trabalho, foi elaborado um quadro a fim de resumir quais foram os principais avanços e desafios encontrados com as tecnologias utilizadas nos *smart hospitals* no mundo e no Brasil (Quadro 7).

Quadro 7: Avanços e desafios das principais tecnologias utilizadas nos *smart hospitals* do mundo e do Brasil

Referência	Tecnologia	Avanços	Desafios
Endeavor (2017) Familiar et al. (2012)	Beacons	Utiliza ondas de rádio aumentando o alcance Baixo uso de energia De uso local	Dependente de um app pré-instalado no receptor Precisa que o <i>bluetooth</i> permaneça ligado
Renugadevi; Saravanan; Naga Sudha (2021)	Big Data	Possibilidade de processar uma grande quantidade de dados	Formato dos dados, pois se for necessário alterar algum dado, os registros individuais precisam ser compartilhados e, portanto, é necessário fragmentar os dados. Alocação de grande quantidade de dados Privacidade dos dados
Jamil et al. (2020) Jamil et al. (2019)	Blockchain	Proporciona maior segurança aos dados	Por ter uma natureza descentralizada,

Mohamed; Al-Jaroodi (2019)			precisa de maior capacidade de armazenamento se comparado a um BD centralizado
Akshat et al (2019); Sokratis (2012); Alrasheed; Atkins; Campion (2018)	Bluetooth	Fácil de integrar com outros dispositivos Baixo custo Consegue ultrapassar pequenas barreiras Taxa de transferência de 4 a 12 vezes mais rápida que o Zigbee Transmite informações mais complexas Dispositivo pequeno	Alto consumo de energia Precisa de muita manutenção Sofre/causa interferências em outros sistemas Frequência: 2,4 GHz Limita-se a algumas dezenas de dispositivos conectados Alcance limitado a 100 metros (maioria de 1 a 10 metros)
Alharbe (2013)	Fog Computing/Cloud Computing	Baixo custo Acesso de qualquer lugar com internet Acesso em tempo real	Depende de uma conexão com a internet
Alrasheed; Atkins; Campion (2018) Kubitz et al. (1997) Wu et al. (2005) Catarinucci et al. (2015)	RFID	Baixo custo Baixo uso de bateria Funcionamento independente de fonte de energia Durabilidade: a partir de 10 anos	Alcance de 15 a 25 metros Resistência do usuário
Akshat et al (2019)	Sensores	Versátil, adaptável a qualquer topologia de rede	Causa interferências no <i>bluetooth</i> , zigbee e wifi Os dispositivos não interagem bem com dispositivos de outros fabricantes
Kim et al. (2019) Paparizos; Tsafas; Birbas (2019)	Virtual Reality/Augmented Reality	Efetivo para exercícios guiados e aprendizado	Não supri a necessidade de contato social do paciente
Akshat et al (2019) Alrasheed; Atkins; Campion (2018)	Zigbee	Baixo consumo energético	

	Um mesmo nó executando diferentes papéis na mesma rede	
	Configurável em diversas topologias de rede	Alcance: até 30 metros
	Habilidade de auto-organizar e auto-reestruturar	Taxa de dados baixa
	Número elevado de dispositivos conectados na mesma rede	Custo elevado
	Comunicação transparente com outros sistemas	

Fonte: elaboração própria

Da mesma forma que diversos autores apontaram alguns desafios quanto as respectivas tecnologias estudadas, eles também apontaram ou propuseram possíveis soluções para os desafios. Assim, no quadro abaixo, encontra-se uma síntese das possíveis soluções apontadas pelos autores citados neste trabalho para os desafios encontrados. Para melhor visualização confira o Anexo I ao fim deste trabalho.

Quadro 8: Possíveis soluções para os desafios encontrados

Referência	Tecnologia	Desafios	Soluções
Endeavor (2017) Familiar et al. (2012)	Beacons	Dependente de um app pré-instalado no receptor Precisa que o <i>bluetooth</i> permaneça ligado	Associar com demais tecnologias Incentivar o uso da tecnologia
Renugadevi; Saravanan; Naga Sudha (2021)	Big Data	Formato dos dados Alocação de grande quantidade de dados Privacidade dos dados	Fragmentação de dados no caso de precisar alterar algum dado
Jamil et al. (2020) Jamil et al. (2019) Mohamed; Al-Jaroodi (2019)	Blockchain	Por ter uma natureza descentralizada, precisa de maior capacidade de armazenamento se comparado a um BD centralizado	Mesclar o uso de blockchain e de BD centralizado
Akshat et al (2019); Sokratis (2012); Alrasheed; Atkins; Campion (2018)	<i>Bluetooth</i>	Alto consumo de energia Precisa de muita manutenção Sofre/causa interferências em outros sistemas Frequência: 2,4 GHz Limita-se a algumas dezenas de dispositivos	Utilizar apenas para controle de objetos Quando necessário compartilhar dados ou documentos, optar pelo <i>Cloud Computing</i> ou <i>Fog Computing</i>

			conectados Alcance limitado a 100 metros (maioria de 1 a 10 metros)
Alharbe (2013)	Fog Computing/Cloud Computing	Depende de uma conexão com a internet	Investir em uma internet de qualidade, isso será importante para todo o funcionamento do <i>smart hospital</i>
Wu, 2005 Catarinucci, 2015 Alrasheed; Atkins; Champion (2018)	RFID	Alcance de 15 a 25 metros Resistência do usuário	Combinação com outros tecnologias Auxílio da equipe e treinamento apropriado
Akshat et al (2019)	Sensores	Causa interferências no <i>bluetooth</i> , <i>zigbee</i> e <i>wifi</i> Os dispositivos não interagem bem com dispositivos de outros fabricantes	Adquirir sensores de fabricantes compatíveis e que trabalhem em frequências distintas das já utilizadas pelo hospital
Kim et al. (2019) Paparizos; Tsafas; Birbas (2019)	Virtual Reality/Augmented Reality	Não supri a necessidade de contato social do paciente	Mesclar o uso da tecnologia com uma equipe humana
Akshat et al (2019) Alrasheed; Atkins; Champion (2018)	Zigbee	Alcance: até 30 metros Taxa de dados baixa Custo elevado	Mesclar o uso da tecnologia com outras de localização como o <i>RFID</i>

Fonte: elaboração própria

Também foi elaborado um quadro para mostrar as principais formas de aplicação dessas tecnologias nos hospitais e como elas se encaixam na classificação apresentada pela Siemens (2020) da seguinte forma (Quadro 9):

Quadro 9: Formas de aplicação das tecnologias

Referência	Tecnologia	Formas de Aplicação	Aplicação da Siemens
Endeavor (2017) Familiar et al. (2012)	Beacons	Acesso Prontuário eletrônico	CS EC ES EEH AsP
Renugadevi; Saravanan; Naga Sudha (2021)	Big Data	Análise de dados coletados em sensores de sinais vitais e/ou de monitoramento do ambiente hospitalar	CS ES EEH AsH

			AsP
			AcH
			AcP
			CS
Jamil et al. (2020)	Blockchain	Sistemas de gerenciamento de fármacos	ES
Jamil et al. (2019)			EEH
Mohamed; Al-Jaroodi (2019)			AsH
			AsP
			AcH
			AcP
			CS
Akshat et al (2019);	Bluetooth	Mobiles Comunicação Rastreamento	EC
Sokratis (2012);			ES
Alrasheed; Atkins;			EH
Campion (2018)			AsH
			AsP
			AcP
			CS
Alharbe (2013)	Fog Computing/Cloud Computing	Compartilhamento em tempo real de documentos e exames de imagem e/ou vídeos	ES
			EEH
			AsP
			AcP
			AcH
			MEH
			CS
Wu, 2005	RFID	Logística Rastreamento de equipamentos e pessoas Controle de acesso Gerenciamento de estoque	ES
Catarinucci, 2015			EEH
Alrasheed; Atkins;			AsH
Campion (2018)			AsP
			AcH
			AcP
			MEH
			CC
			CS
Akshat et al (2019)	Sensores	Monitoramento de sinais vitais e do ambiente hospitalar	EC
			ES
			MEH
			AcH
			CS
Kim et al. (2019)	Virtual	Ensino da saúde, interação com pacientes internados ou acompanhantes	ES
Paparizos; Tsafas;	Reality/Augmented		EEH
Birbas (2019)	Reality		MP
			MEH
			CS
Akshat et al (2019)	Zigbee	Saúde pessoal Automação de construções	EEH

Alrasheed; Atkins; Campion (2018)	Controle industrial	AsP AcP MP MEH
--------------------------------------	---------------------	-------------------------

Fonte: elaboração própria

CC – Confiabilidade Da Construção	AsP – Acessibilidade de Informações/Dados do Paciente
CS – Confiabilidade dos Serviços	AcH – Acurácia de Informações/Dados Hospitalares
EC – Eficiência da Construção	AcP – Acurácia de Informações/Dados do Paciente
ES – Eficiência do Serviço	MP – Melhoria nos Resultados do Paciente
EEH – Eficiência da Equipe Hospitalar	MEH – Melhoria na Eficiência da Equipe Hospitalar
AsH – Acessibilidade de Informações/Dados Hospitalares	

Ante ao exposto e aos quadros apresentados, se torna simples verificar como a tecnologia está contribuindo não somente para a implantação de *smart hospitals* no mundo e no Brasil, mas também como ela pode melhorar. Além disso, com a classificação Siemens associada, verifica-se que toda tecnologia bem aplicada contribui para uma melhoria de processos dentro do hospital seja no âmbito da confiabilidade, da eficiência, da acessibilidade de dados, da acurácia dos dados ou da melhoria da equipe e de pacientes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo traz as considerações finais do trabalho e algumas sugestões de trabalhos futuros.

5.1 Conclusões e Trabalhos Futuros

Este trabalho realizou uma vasta pesquisa bibliográfica a fim de estudar quais as vantagens e desafios tecnológicos encontrados nos *smart hospitals* com o objetivo de realizar um diagnóstico sobre as principais tecnologias utilizadas para a aplicação do conceito *smart* por setor hospitalar no Brasil.

Para isto, foi necessário antes de tudo conhecer o estado da arte sobre *smart hospital* e compreender que o *Smart Hospital* é uma organização de saúde que utiliza diversas tecnologias de informação para garantir o pleno funcionamento do hospital. Utilizando a tecnologia da informação para otimizar e automatizar seus processos e, assim, obter um atendimento de qualidade aos pacientes, uma alocação de recursos físicos, financeiros e humanos eficiente e manter a pegada ecológica do hospital positiva.

Também foi feito um levantamento em bases científicas sobre as principais tecnologias utilizadas em *smart hospitals* e um *benchmarking* dos principais *smart hospitals* no Brasil e no mundo e as tecnologias utilizadas por eles. Encontrou-se dificuldade na etapa do *benchmarking*, pois não foi possível o acesso presencial por questões geográficas e pandêmicas.

Por fim, buscou-se identificar as principais tecnologias utilizadas em cada setor hospitalar e suas vantagens e desafios para o uso adequado. Esta etapa também foi dificultosa, os artigos normalmente não traziam informações ricas sobre os setores hospitalares onde a tecnologia foi aplicada. Normalmente a informação dada era sobre como foi aplicada e, por inferência, podia-se dizer algum setor de aplicação.

É importante destacar que, apesar de algumas definições de *smart hospital* considerarem importante a parte estrutural do prédio e a pegada ecológica do hospital, não foram encontrados trabalhos sobre tecnologias em *smart hospital* usadas neste sentido. Esta pode ser uma possível linha de pesquisa para dar continuidade ao estudo.

Outro ponto a se destacar foi a subjetividade de algumas informações técnicas das tecnologias, como “baixo ou alto alcance” e “baixo ou alto custo”. Apesar de muitos autores, ao relatarem suas tecnologias estudadas, apontarem o alcance ou o custo como vantagens ou desafios da tecnologia, os termos utilizados eram muito subjetivos dificultando a devida comparação entre tecnologias. Este também pode ser um ponto relevante a ser estudado em uma próxima pesquisa.

Diante disso, o trabalho conseguiu realizar o diagnóstico das principais tecnologias utilizadas em *smart hospital*. Entretanto, seria enriquecedor poder fazer um diagnóstico semelhante em um ambiente hospitalar real.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AHMADI, H. et al. **The application of internet of things in healthcare: a systematic literature review and classification.** [s.l.] Springer Berlin Heidelberg, 2019. v. 18
- AKSHAT et al. A Smart Healthcare Monitoring System Using Smartphone Interface. **Proceedings of the 4th International Conference on Devices, Circuits and Systems, ICDCS 2018**, p. 228–231, 2019.
- AL MUHTADI, J. et al. Subjective logic-based trust model for fog computing. **Computer Communications**, v. 178, n. January, p. 221–233, 2021.
- ALHARBE, N.; ATKINS, A. S. Transforming to a smart hospital system: Proposed application in the Medina Maternity and Children’s Hospital. **International Journal of Pervasive Computing and Communications**, v. 12, n. 4, p. 503–522, 2016.
- ALHARBE, N.; ATKINS, A. S.; AKBARI, A. S. Application of ZigBee and RFID technologies in healthcare in conjunction with the internet of things. **ACM International Conference Proceeding Series**, p. 191–195, 2013.
- ALRASHEED, A.; ATKINS, A. S.; CAMPION, R. Developing a guideline for hospital tracking and monitoring systems evaluation. **ACM International Conference Proceeding Series**, p. 74–78, 2018.
- ANCHORA, L. et al. A novel MAC scheduler to minimize the energy consumption in a Wireless Sensor Network. **Ad Hoc Networks**, v. 16, p. 88–104, 1 maio 2014.
- ARPAIA, P. et al. A health 4.0 integrated system for monitoring and predicting patient’s health during surgical procedures. **I2MTC 2020 - International Instrumentation and Measurement Technology Conference, Proceedings**, p. 1–6, 2020.
- BALASOPOULOU, A. et al. Symposium Recent advances and challenges in the management of retinoblastoma Globe - saving Treatments. **BMC Ophthalmology**, v. 17, n. 1, p. 1, 2017.
- BENEFICÊNCIA PORTUGUESA. **BP - A Beneficência Portuguesa de São Paulo**. Disponível em: <<https://www.bp.org.br/>>. Acesso em: 11 out. 2021.
- BOCEK, T. et al. **Blockchains everywhere - a use-case of blockchains in the pharma supply-chain.** 2017 IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management (IM). **Anais...** London: IEEE, maio 2017 Disponível em: <http://link.springer.com/10.1057/9781137297792_9>
- BRASIL. **Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Lei/L13709.htm>. Acesso em: 26 out. 2021.
- CARDOSO, R. B. DA S. **Hospitais seguros frente a desastres: tradução e aproximação cultural do Índice de Seguridad Hospitalaria para o contexto brasileiro.** [s.l.] Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.
- CARLA, A. et al. Prospects for using gamification in Industry 4 . 0. **Production**, v. 5411, 2020.
- CATARINUCCI, L. et al. Integration of UHF RFID and WSN technologies in healthcare systems. **2014 IEEE RFID Technology and Applications Conference, RFID-TA 2014**, p. 289–294, 2014.
- CATARINUCCI, L. et al. An IoT-Aware Architecture for Smart Healthcare Systems. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 2, n. 6, p. 515–526, 2015.

CHEN, C. C.; CHANG, Y. F. Smart healthcare environment: Design with RFID technology and performance evaluation. **Journal of Medical and Biological Engineering**, v. 33, n. 4, p. 427–432, 2013.

CHEN, X. et al. Patient Flow Scheduling and Capacity Planning in a Smart Hospital Environment. **IEEE Access**, v. 4, p. 135–148, 2016.

DA SILVA, R. O.; DE OLIVEIRA, J. L. S. A internet das coisas (IOT) com enfoque na saúde. **Tecnologias Em Projeção**, v. 8, n. 1, p. 77–85, 2017.

ENDEAVOR. **Beacon: o GPS que ajuda sua marca a localizar as melhores oportunidades**. Disponível em: <<https://endeavor.org.br/estrategia-e-gestao/beacon/>>. Acesso em: 8 out. 2021.

FAMILIAR, M. S. et al. Building service-oriented Smart Infrastructures over Wireless Ad Hoc Sensor Networks: A middleware perspective. **Computer Networks**, v. 56, n. 4, p. 1303–1328, 16 mar. 2012.

FISCHER, G. S. et al. EHealth: Using Internet of Things and data prediction for elastic management of human resources in smart hospitals. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 87, n. August 2019, p. 103285, 2020.

FUHRER, P.; GUINARD, D. Building a smart hospital using RFID technologies. **European Conference on eHealth 2006, Proceedings of the ECEH 2006**, p. 131–142, 2006.

GARCÍA, T. et al. **La Gestión del Mantenimiento para lograr Instituciones de Salud Seguras e Inteligentes** La HabanaCuba Salud, , 2018.

GIULIANO, K. K. IV Smart Pumps: The Impact of a Simplified User Interface on Clinical Use. **Biomedical instrumentation & technology / Association for the Advancement of Medical Instrumentation**, p. 13–21, 2015.

GOLEVA, R. I. et al. AAL and ELE Platform Architecture. In: **Ambient Assisted Living and Enhanced Living Environments: Principles, Technologies and Control**. [s.l.] Butterworth-Heinemann, 2017. p. 171–209.

GTA-UFRJ. **RFID**. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/grad/07_1/rfid/RFID_arquivos/Index.htm>. Acesso em: 4 out. 2021.

HEALTHCARE GLOBAL. **Top 10 Smart Hospital**. Disponível em: <<https://healthcareglobal.com/top10/top-10-smart-hospitals>>. Acesso em: 10 out. 2021.

HOOD, L. Systems Biology and P4 Medicine: Past, Present, and Future. **Rambam Maimonides Medical Journal**, v. 4, n. 2, p. e0012, 2013.

HOOD, L.; FLORES, M. A personal view on systems medicine and the emergence of proactive P4 medicine: Predictive, preventive, personalized and participatory. **New Biotechnology**, v. 29, n. 6, p. 613–624, 2012.

HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN. **Hospital Israelita Albert Einstein**. Disponível em: <<https://www.einstein.br/Pages/Home.aspx>>. Acesso em: 11 out. 2021.

HOUSTON METHODIST. **Houston Methodist**. Disponível em: <<https://www.houstonmethodist.org/center-for-innovation/our-work/technology-hub/>>. Acesso em: 27 ago. 2021.

HUANG, B. C. et al. Arbin: Augmented reality based indoor navigation system. **Sensors (Switzerland)**, v. 20, n. 20, p. 1–20, 2020.

HUSSIEN, H. M. et al. Blockchain technology in the healthcare industry: Trends and opportunities.

Journal of Industrial Information Integration, v. 22, n. March, p. 100217, 2021.

ILIN, I.; ILIYASCHENKO, O.; KONRADI, A. Business model for Smart Hospital health organization. **SHS Web of Conferences**, v. 44, p. 00041, 2018.

ILYASHENKO, O.; ILIN, I.; KURAPEEV, D. Smart Hospital concept and its implementation capabilities based on the incentive extension. **SHS Web of Conferences**, v. 44, p. 00040, 2018.

JAMIL, F. et al. A novel medical blockchain model for drug supply chain integrity management in a smart hospital. **Electronics (Switzerland)**, v. 8, n. 5, p. 1–32, 2019.

JAMIL, F. et al. Towards a remote monitoring of patient vital signs based on iot-based blockchain integrity management platforms in smart hospitals. **Sensors (Switzerland)**, v. 20, n. 8, 2020.

JAVOID, M.; KHAN, I. H. Internet of Things (IoT) enabled healthcare helps to take the challenges of COVID-19 Pandemic. **Journal of Oral Biology and Craniofacial Research**, v. 11, n. 2, p. 209–214, 2021.

JIANG, D.; LI, W.; LV, H. An energy-efficient cooperative multicast routing in multi-hop wireless networks for smart medical applications. **Neurocomputing**, v. 220, p. 160–169, 2017.

KAMESH; SAKTHI PRIYA, N. A survey of cyber crimes Yanping. **Security and Communication Networks**, v. 5, n. June, p. 422–437, 2012.

KEMIS, H. et al. **Healthcare Monitoring Application in Ubiquitous Sensor Network: Design and Implementation based on Pulse Sensor with Arduino**. (C. Shen et al., Eds.)2012 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEW TRENDS IN INFORMATION SCIENCE, SERVICE SCIENCE AND DATA MINING (ISSDM2012). **Anais...Taipei, Taiwan: IEEE**, 2012

KIM, J.; PARK, K. H. An energy-efficient, transport-controlled MAC protocol for wireless sensor networks. **Computer Networks**, v. 53, n. 11, p. 1879–1902, 2009.

KIM, K. et al. Effects of patient care assistant embodiment and computer mediation on user experience. **Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Virtual Reality, AIVR 2019**, p. 17–24, 2019.

KUBITZ, O. et al. **Application of radio frequency identification devices to support navigation of autonomous mobile robots**. (IEEE, Ed.)IEEE VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE PROCEEDINGS. **Anais...Phoenix: 1997**

KUMAR, V. et al. Comparison of Fog Computing & Cloud Computing. **International Journal of Mathematical Sciences and Computing**, v. 5, n. 1, p. 31–41, 2019.

LHOTSKA, L. Application of industry 4.0 concept to health care. **Studies in Health Technology and Informatics**, v. 273, p. 23–37, 2020.

MCKINSEY; FUNDAÇÃO CPQD; MACEDO, P. N. **Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil**. Disponível em:

<<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/pesquisaedados/estudos/estudo-internet-das-coisas-iot/estudo-internet-das-coisas-um-plano-de-acao-para-o-brasil>>. Acesso em: 20 set. 2021a.

MCKINSEY; FUNDAÇÃO CPQD; MACEDO, P. N. Análise de Oferta e Demanda. p. 870, 2017b.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **HFA potencializa seu Call Center para agendamentos, investe em interligação informatizada entre os hospitais militares de Brasília e suspende atendimento por telemedicina**. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/hfa/noticias/copy_of_hfa-

potencializa-seu-call-center-para-agendamentos-investe-em-interligacao-informatizada-entre-os-hospitais-militares-de-brasilia-e-suspende-atendimento-por-telemedicina>.

MIRHOSSEINI, M. et al. Parallel Quadri-valent Quantum-Inspired Gravitational Search Algorithm on a heterogeneous platform for wireless sensor networks. **Computers and Electrical Engineering**, v. 92, n. March 2020, 2021.

MOHAMED, N.; AL-JAROODI, J. The impact of industry 4.0 on healthcare system engineering. **SysCon 2019 - 13th Annual IEEE International Systems Conference, Proceedings**, p. 1–7, 2019.

MOOSAVI, S. R. et al. SEA: A secure and efficient authentication and authorization architecture for IoT-based healthcare using smart gateways. **Procedia Computer Science**, v. 52, n. 1, p. 452–459, 2015.

NAZIR, B.; HASBULLAH, H. Energy efficient and QoS aware routing protocol for Clustered Wireless Sensor Network. **Computers and Electrical Engineering**, v. 39, n. 8, p. 2425–2441, 2013.

NAZIR, S. et al. Internet of Things for Healthcare Using Effects of Mobile Computing: A Systematic Literature Review. **Wireless Communications and Mobile Computing**, v. 2019, 2019.

NEIL, J. A. Simulation in Nursing Education. **Perioperative Nursing Clinics**, v. 4, n. 2, p. 97–112, 2009.

OHASHI, K. et al. Smart medical environment at the point of care: Auto-tracking clinical interventions at the bed side using RFID technology. **Computers in Biology and Medicine**, v. 40, n. 6, p. 545–554, 2010.

OLIVEIRA, L. B. et al. **Uma Abordagem SDN para Priorização de Tráfego em Ambientes Hospitalares Inteligentes**. 2020Disponível em: <<https://www.openice.info/>>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Herramienta Para Hospitales Inteligentes**. Washington, D.C.: OPS, 2018.

PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. **Smart Hospitals**. Disponível em: <<https://www.paho.org/en/health-emergencies/smart-hospitals>>. Acesso em: 23 set. 2021.

PAPARIZOS, C.; TSAFAS, N.; BIRBAS, M. Design and Implementation of an APSoC-Based Robotic System with Motion Tracking Teleoperation. **2019 8th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies, MOCASST 2019**, p. 1–4, 2019.

PELLEGRINI, R. M. et al. ZigBee sensor network propagation analysis for health-care application. **2010 5th International Conference on Broadband and Biomedical Communications, IB2Com 2010**, 2010.

PIR, A.; AKRAM, M. U.; KHAN, M. A. Internet of things based context awareness architectural framework for HMIS. **2015 17th International Conference on E-Health Networking, Application and Services, HealthCom 2015**, n. ReHIS, p. 55–60, 2015.

RAHMANI, A. M. et al. Exploiting smart e-Health gateways at the edge of healthcare Internet-of-Things: A fog computing approach. **Future Generation Computer Systems**, v. 78, p. 641–658, 1 jan. 2018.

RASHED, A. et al. **Integrated IoT Medical Platform for Remote Healthcare and Assisted Living**. (IEEE, Ed.)2017 PROCEEDINGS OF THE JAPAN-AFRICA CONFERENCE ON ELECTRONICS, COMMUNICATIONS, AND COMPUTERS (JAC-ECC). **Anais...Alexandria, EGYPT: IEEE, 2017** REDE D'OR. **Rede D'Or - DF Star**. Disponível em:

<<https://www.rededorsaoluiz.com.br/star/dfstar>>. Acesso em: 11 out. 2021.

REIS, A. C. B. et al. Prospects for using gamification in industry 4.0. **Producao**, v. 30, 2020.

RENUGADEVI, N.; SARAVANAN, S.; NAGA SUDHA, C. M. Revolution of Smart Healthcare Materials in Big Data Analytics. **Materials Today: Proceedings**, n. xxxx, 2021.

RIahi, I.; MOUSSA, F. A formal approach for modeling context-aware Human-Computer System. **Computers and Electrical Engineering**, v. 44, p. 241–261, 2015.

RODRIGUES, A.; BORGES, E. N.; BARWALDT, R. Um estudo sobre o comportamento alimentar de frangos de corte utilizando a mineração de dados. **Scientia Plena**, v. 13, n. 4, p. 1–7, 2017.

SANTANA, S. R. M. **RFID - IDENTIFICAÇÃO POR RADIOFREQUÊNCIA**. Disponível em: <http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr/colaboradores/sandra_santana/rfid_04.html>. Acesso em: 6 out. 2021.

SIEMENS. **Hospitals harness digitalization to reach new levels of operational performance - A smart hospital concept by Siemens**. Alpharetta: [s.n.].

SÍRIO-LIBANÊS. **Sírio-Libanês**. Disponível em: <<https://siriolibanes.org.br/>>. Acesso em: 11 out. 2021.

STATISTA. **The World's Best Smart Hospitals 2021**. Disponível em: <<https://www.newsweek.com/worlds-best-smart-hospitals-2021>>. Acesso em: 8 out. 2021.

THEODOROU, S.; SKLAVOS, N. Blockchain-based security and privacy in smart cities. In: **Smart Cities Cybersecurity and Privacy**. [s.l.] Elsevier, 2018. p. 21–37.

VISCONTI, R. M.; MOREA, D. Healthcare digitalization and pay-for-performance incentives in smart hospital project financing. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 7, 2020.

WONG, E. T.; ABENDROTH, T. W. Selecting a commercial clinical information system: an academic medical center's experience. **Proceedings / the ... Annual Symposium on Computer Application [sic] in Medical Care. Symposium on Computer Applications in Medical Care**, p. 648–652, 1994.

WU, B. et al. eWellness: Building a smart hospital by leveraging RFID networks. **Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology - Proceedings**, v. 7 VOLS, p. 3826–3829, 2005.




YAO, W.; CHU, C. H.; LI, Z. Leveraging complex event processing for smart hospitals using RFID. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 34, n. 3, p. 799–810, 2011.

ZEMMOUDJ, S.; BERMAD, N.; OMAR, M. Context-aware pseudonymization and authorization model for IoT-based smart hospitals. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, v. 10, n. 11, p. 4473–4490, 2019.

ANEXO I: Avanços e desafios das tecnologias utilizadas em *Smart Hospital*

		TECNOLOGIAS																				
		Beacons	Big Data	Blockchain	Bluetooth	Fog Computing	Cloud Computing	RFID	Sensores	Virtual Reality/Augmented Reality	Zigbee	Beacons	Big Data	Blockchain	Bluetooth	Fog Computing	Cloud Computing	RFID	Sensores	Virtual Reality/Augmented Reality	Zigbee	
AVANÇOS	Acessível de qualquer lugar com internet																					
	Acesso em tempo real																					
	Adaptável a qualquer topologia de rede																					
	Alcance local																					
	Alta durabilidade																					
	Alto processamento de dados																					
	Baixo custo																					
	Baixo uso de energia/bateria																					
	Comunicação transparente com outros sistemas																					
	Dispositivo pequeno																					
	Diversos dispositivos conectados simultaneamente																					
	Exercícios guiados e aprendizado																					
	Fácil integração com demais dispositivos																					
Independente de fonte de energia																						
Ondas de rádio																						
Segurança dos dados aumentada																						
Transmissão de informações complexas																						
Ultrapassa pequenas barreiras																						
DESAFIOS	Alocação de grande quantidade de dados																					
	Baixa taxa de transferência de dados																					
	Alto consumo de energia/bateria																					
	Baixo alcance																					
	Capacidade de armazenamento limitada																					
	Dependente de um app pré-instalado e/ou outra tecnologia																					
	Custo elevado																					
	Dispositivos conectados simultaneamente limitados																					
	Formatação dos dados																					
	Necessidade de contato social do paciente																					
	Muita manutenção																					
	Privacidade de dados																					
	Resistência do usuário																					
Sofre/causa interferências em outros sistemas																						

Legenda:

-  Possui o respectivo avanço
-  Possui o respectivo desafio
-  Não possui o respectivo avanço e desafio