

# **APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS HABILITADORAS DE INDÚSTRIA 4.0 NA ÁREA DA SAÚDE - UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

## **APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL ÁREA DE SALUD: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA**

### **INDUSTRY 4.0 ENABLING TECHNOLOGIES APPLICATION IN HEALTHCARE AREAS - A SYSTEMATIC REVIEW**

Glória de Fátima Pereira Venturini  
gfpventura@gmail.com

Luiz Fernando Rodrigues Pinto  
luiz.rodrigues@uni9.pro.br

Geraldo Cardoso de Oliveira Neto  
Geraldo.neto@uni9.pro.br

Universidade Nove de Julho, SP, Brasil

---

#### **Resumo**

Tecnologias de Indústria 4.0 tem sido empregadas no setor de saúde para agregar valor a seus processos e oferecer serviços de excelência, seguros a pacientes, trabalhadores, operações de saúde e gestão da qualidade. A ausência na literatura de estudo que tenha analisado a aplicação de Tecnologias de Indústria 4.0 em saúde foi a motivação deste artigo. O objetivo desta pesquisa foi identificar estudos sobre aplicações das Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 na área da saúde. O método utilizado foi revisão bibliométrica e sistemática de artigos sobre aplicações das Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 na área da saúde. O resultado da análise de 140 artigos indicou o uso de Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 em atividades de gerenciamento, análise, tratamento e compartilhamento de dados em saúde. A contribuição deste estudo consistiu em fornecer informações sobre os avanços de Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 no setor de saúde.

**PALAVRAS CHAVE:** Assistência Médica, Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0, Revisão Sistemática, Saúde 4.0, Engenharia Médica.

#### **Resumen**

Tecnologías de la Industria 4.0 se ha utilizado en la salud para agregar valor a sus procesos y ofrecer servicios excelentes y seguros a pacientes, trabajadores, operaciones de atención médica y gestión de calidad. La ausencia en la literatura del estudio que analizó la aplicación de las Tecnologías de la Industria 4.0 en salud fue la motivación de este artículo. El objetivo de esta investigación fue identificar estudios sobre aplicaciones

de Tecnologías de la Industria 4.0 en el área de la salud. El método utilizado fue una revisión bibliométrica y sistemática de artículos sobre aplicaciones de Tecnologías de la Industria 4.0 en el área de la salud. El resultado del análisis de 140 artículos indicó el uso de Tecnologías de la Industria 4.0 en las actividades de gestión, análisis, tratamiento e intercambio de datos de salud. La contribución de este estudio fue proporcionar información sobre los avances en Tecnologías de la Industria 4.0 en el sector de la salud.

Keywords: Asistencia Médica, Tecnologías de la Industria 4.0, Revisión Sistemática, Salud 4.0, Ingeniería Médica.

## **Abstract**

Industry 4.0 Technologies have been employed in healthcare sector to add value to their processes, provide excellent and safe services to patients, workers, healthcare operations and quality management. The absence in literature of studies that has analyzed the application of Industry 4.0 Technologies in healthcare was the motivation for this article. The objective of this research was to identify studies on the application of Industry 4.0 Enabling Technologies in healthcare. The method used was a bibliometric and systematic review of articles on applications of Industry 4.0 Technologies in the healthcare. The result of the analysis of 140 articles indicated the use of Industry 4.0 Enabling Technologies in management, analysis, treatment and healthcare data sharing activities. The contribution of this study was to provide information on the advances of Industry 4.0 Enabling Technologies in the health sector.

KEYWORDS: Medical Assistance, Industry 4.0 Enabling Technologies, Systematic Review, Health 4.0, Medical Engineering.

---

## **1. Introdução**

O uso de recursos tecnológicos aumenta dia a dia na vida moderna, permitindo maior acesso a informações e serviços. Durante as buscas personalizadas realizadas pelos potenciais usuários destes serviços, são gerados dados que permitem às empresas entender o perfil de seus clientes, podendo adequar seus produtos e serviços de modo a atender efetivamente a suas expectativas. O setor de Saúde não está alheio a esse cenário e exige níveis ainda mais altos de excelência, segurança e acessibilidade. Além disso, é necessário apresentar soluções inovadoras na indústria médica e nos serviços de assistência ao paciente com o objetivo de fornecer cuidados centrados nos pacientes, de forma individualizada.

O crescimento e o envelhecimento da população mundial aumentam a demanda por recursos e serviços de saúde (Nilashi, 2019), devendo estes serem mais assertivos, mais baratos e acessíveis. Dados de Saúde são essenciais para gerar informações que possam ser usadas para melhorar a alocação de recursos na prestação de serviços, desenvolvendo o sistema médico para atender às necessidades globais e locais da população (Kumar, 2019).

Nesse sentido, a assistência à saúde deve apresentar avanços tecnológicos que agreguem valor a seus processos e possibilitem maior conhecimento para tomadas de decisão baseadas em evidências. Esses avanços podem ser alcançados por meio da aplicação das Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 na área da saúde. O uso das Tecnologias de Indústria 4.0 na área da Saúde viabiliza interconectividade e integração de dados, equipamentos e pessoal. Promove oportunidades para fornecer, entre outros benefícios, produtos e serviços personalizados e monitoramento de dados em tempo real. (Li, 2019)

A investigação na literatura identificou artigos que abordaram o uso de Tecnologias de Indústria 4.0 em saúde. Neste sentido, *Big Data* é Tecnologia Habilitadora de Indústria 4.0 que proporcionou benefícios na gestão de grandes quantidades de dados de saúde (Pramanik, 2017) e no apoio a predição de diagnósticos clínicos (Librenza-Garcia, 2017).

Outra tecnologia, Computação em Nuvem também foi avaliada quanto a sua aplicação para a predição de diagnósticos clínicos (Richter and Khoshgoftaar, 2019). Ainda sobre Computação em Nuvem Ali (2018) apresentou diversas oportunidades de utilização desta tecnologia na área da saúde. Ao passo que estudos sobre Inteligência Artificial, evidenciados por Kakavas (2019), a caracterizaram como uma ferramenta aliada a predição de traumas relacionados a prática de esportes.

A Tecnologia Internet das Coisas, por sua vez, foi abordada em diversos estudos que caracterizaram sua utilização em iniciativas para o monitoramento de pacientes, como apresentado por (Wong, 2017). Dados da literatura também foram analisados para identificar questões de segurança das informações e privacidade quando Internet das Coisas é utilizado na área da saúde (Hadian, 2019).

O emprego de Manufatura Aditiva no desenvolvimento materiais cada vez mais adequados para o desenvolvimento de implantes médicos (Zhang, 2018) e no planejamento cirúrgico (Tam, 2018) também justificaram a realização de revisões da literatura.

Desta forma, os artigos encontrados na literatura abordaram isoladamente as Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0. Esta constatação tornou evidente a ausência de estudo que tenha analisado o aplicação das Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 em saúde. Com isso, a lacuna de pesquisa identificada nesta investigação sugeriu a seguinte questão de pesquisa: Quais são as aplicações de Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 na área da Saúde? Em específico: (i) quais são Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 utilizadas em Saúde?; (ii) como é a distribuição das publicações sobre esse tema ao longo dos anos? Bem como períodos de; (iii) quais são os países de origem das publicações?; (iv) quais periódicos tem mais publicações sobre este tema?; (v) quais metodologias foram utilizadas nas pesquisas? (vi) quais autores contribuíram com maior número de publicações? (vii) em qual período houve destaque significativo do número de publicações sobre o tema?

Para alcançar respostas as perguntas elaboradas, foi definido o objetivo geral de identificar estudos sobre aplicações das Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 na área da saúde. Assim também desdobrado em três objetivos específicos. Primeiro, buscar na literatura artigos que trataram Tecnologias de Indústria 4.0 em áreas da saúde. Em seguida, realizar a análise bibliométrica dos artigos encontrados na literatura. Por último, analisar o conteúdo dos artigos selecionados para identificar as aplicações de Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 em saúde.

Este artigo está organizado em quatro capítulos. No capítulo 2 estão descritos os métodos utilizados nesta pesquisa. No capítulo 3 estão apresentados os resultados da revisão bibliométrica e sistemática de artigos. As considerações finais estão descritas no capítulo 4, com as contribuições do estudos, limitações e recomendações de pesquisas futuras.

## **2. Métodos**

Este estudo apresenta uma revisão de literatura sobre a implementação das Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0 aplicadas a áreas da Saúde. Um levantamento bibliométrico quantifica a literatura científica sobre um tópico específico (Cooper, 1998), através do qual é possível identificar os dados empíricos dos dados que podem ser exibidos em configurações de seleção predefinidas (Moher, 2009). A síntese dos resultados fornecidos por uma pesquisa bibliométrica realizada de forma sistemática pode ser reproduzida (Davis, 2014). A apresentação de uma compilação de informações relevantes sobre um determinado assunto torna-se estratégica para estudos futuros que abordem o tópico pesquisado (Baumeister, 1997). Portanto, os estudos que se enquadraram no tema da pesquisa foram selecionados, mapeados, agregados e relacionados de forma resumida.

Para garantir abrangência do tema de pesquisa nas publicações existentes, foram estabelecidos parâmetros para realizar a pesquisa bibliográfica de todos os artigos publicados que abordam o uso das Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 no contexto da saúde. Dessa forma, foram definidas palavras-chave e seus cognatos, e também foram selecionadas bases de pesquisa: *Science Direct*, *Scopus*, *ProQuest*, *Emerald*, *Scielo*, *Wiley Library* e *Taylor and Francis*. São as palavras-chave relacionadas a saúde: "*Health*", "*Care*", "*Medicine*" e "*Clinical*".

Conforme o estudo de Pacchini (2019), foram estabelecidas as seguintes palavras-chave relacionadas a Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0: "*Industry 4.0*", "*Internet of Things*", "*Big Data*", "*Cloud Computing*", "*Cyber-Physical Systems*", "*Collaborative Robots*", "*Additive Manufacturing*", "*Augmented Reality*" e "*Artificial Intelligence*".

As palavras-chave listadas de acordo com os grupos acima formaram 36 agrupamentos, estes foram usados para pesquisa nas bases. As pesquisas foram realizadas entre os meses de agosto e setembro de 2019. Foram considerados, como premissa do estudo, artigos científicos e revisões publicados em periódicos contendo as palavras-chave selecionadas em seu Título, Resumo e Palavras-chave. As buscas nas bases de dados mantiveram aberto o intervalo de ano de publicação. Esta ação possibilitou analisar a amplitude e evolução do tema na literatura ao longo dos anos.

Um total de 679 artigos disponíveis foi identificado por meio de pesquisa em banco de dados, sem registros adicionais de outras fontes. 427 registros foram selecionados após a remoção de 252 documentos repetidos. A etapa seguinte consistiu na análise dos resumos, que levou em conta a aderência dos estudos realizados ao tema desta pesquisa. O resultado desta etapa foi a seleção de 140 artigos. Estes foram incluídos na síntese qualitativa, abordando a aplicação de algumas das Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 em alguma área da Saúde. Dois pesquisadores conduziram as análises dos artigos, afim de garantir confiabilidade à revisão (Oliveira, 2018).

Os 140 artigos selecionados foram avaliados de acordo com os seguintes tópicos:

- (i) Publicação ao longo dos anos, bem como período com maior número de publicações sobre o tema;
- (ii) Países de origem das publicações;
- (iii) Periódicos em que os artigos foram publicados;
- (iv) Autores com maior número de publicações;
- (v) Metodologia;
- (vi) Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 aplicadas à saúde e Áreas de saúde onde foram aplicadas.

### 3. Resultados

Esta seção mostra os dados bibliométricos obtidos após a análise dos 140 artigos selecionados, que abordaram a aplicação das Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 na saúde.

#### 3.1. Publicações ao longo dos anos

Evidenciou-se o aumento gradual de publicações sobre a aplicação de Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 na área da saúde ao longo dos anos. Considerando a designação oficial do termo "*Industry 4.0*" em 2011 (Li, 2018), bem como das tecnologias que demonstram avanços relacionados a esse termo, fica evidente que as publicações acadêmicas foram mais constantes a partir do ano de 2013. Destaca-se o triênio 2017, 2018 e 2019 como período de maior representatividade frente as publicações sobre o tema. Portanto, é possível considerar o engajamento da comunidade científica para realizar pesquisas que abordem este tema.

É preciso considerar que, apesar da recente definição de "*Industry 4.0*", publicações anteriores a 2011 já apresentavam estudos sobre Tecnologias denominadas Habilitadoras de Indústria 4.0, representando 6% dos trabalhos selecionados. O número reduzido de publicações em 2019, em comparação com o ano de 2018, pode estar relacionado ao período em que os artigos foram pesquisados, em setembro de 2019. A distribuição das publicações ao longo dos anos é apresentada na Figura 1.

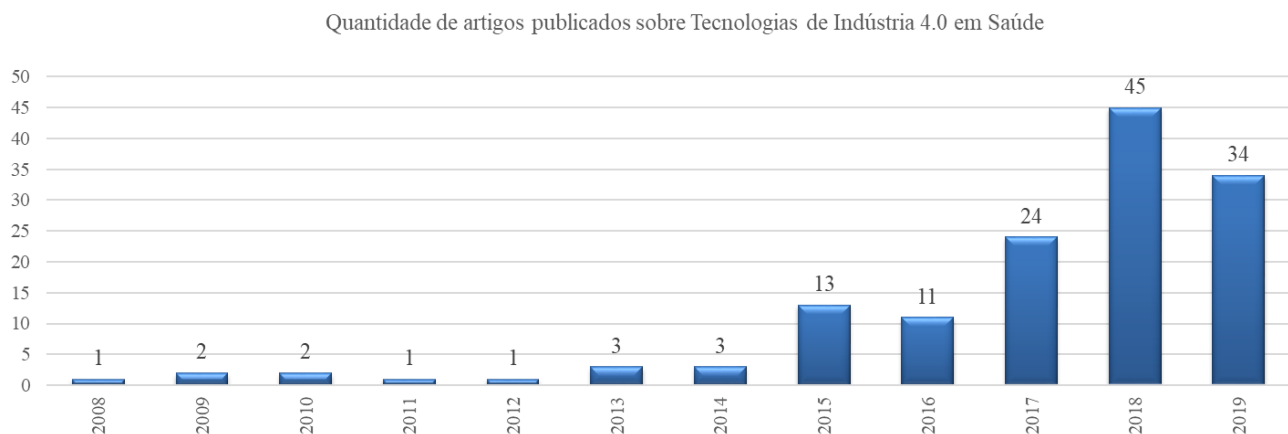


Figura 1. Publicações ao longo dos anos

#### 3.2. Países de origem das publicações

Foram selecionadas publicações provenientes de 32 países, como Estados Unidos, China, Reino Unido, Brasil, Austrália, Índia, França, Alemanha, Espanha, Itália, Arábia Saudita, Coreia, Iran, Japão, Bélgica, Coreia do Sul, Egito, Finlândia, Grécia, Canada, Argélia, Emirados Árabes, Eslovênia, Holanda, Hungria, Israel, México, Polônia, Quênia, Singapura, Tunísia e Vietnã.

Os Estados Unidos foram responsáveis por uma parcela significativa dos artigos selecionados, 21%, seguidos pela China e Reino Unido, com 15% e 11% das publicações elegíveis a este estudo, respectivamente. Estes dados evidenciam iniciativas destes países em fomentar o desenvolvimento de protocolos tecnológicos. Os países que tiveram mais de 4 publicações relacionadas ao tema de pesquisa estão representados na Figura 2.

Países de origem das publicação sobre aplicação de Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 na área da Saúde

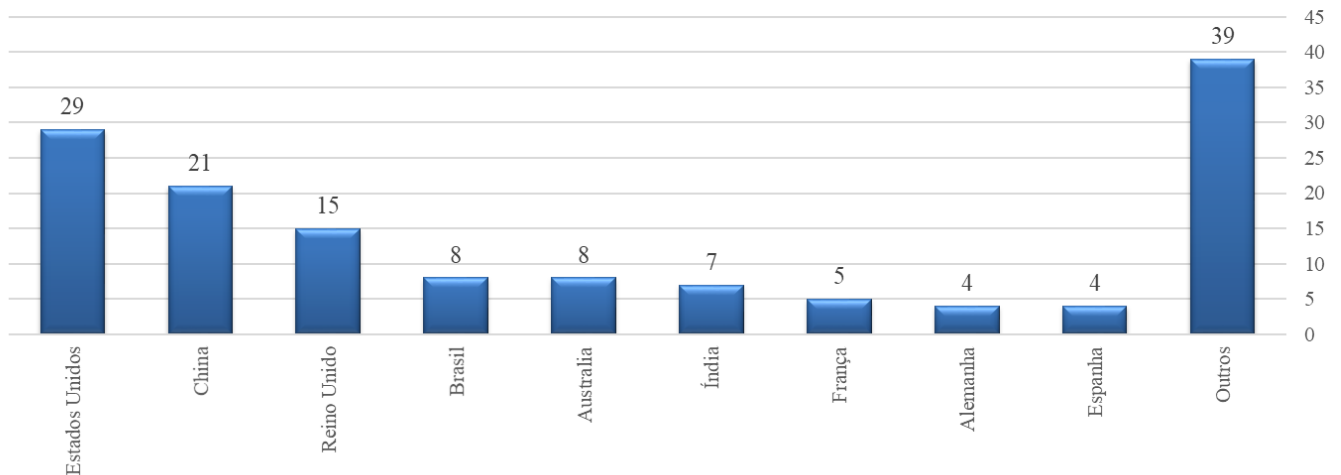


Figura 2. Publicações por países

### 3.3. Revistas

Os artigos selecionados foram publicados em 87 periódicos distintos, 68 deles com apenas uma publicação sobre o assunto e 18 deles com 2 ou mais publicações. Os periódicos representados na Figura 3 foram responsáveis por publicar três artigos ou mais, dentre os selecionados para este estudo. A revista "*Future Generation Computer Systems*" foi responsável por 13 dos artigos selecionados.

Não foram estabelecidas classificações dos periódicos, pois representam diferentes linhas de publicação. Foram selecionados periódicos sobre saúde, tecnologia da informação, odontologia, dentre outros segmentos. Desta forma, compreende-se uma abordagem pulverizada do tema, havendo interesse de diferentes áreas sobre a aplicação das Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 na área da Saúde.

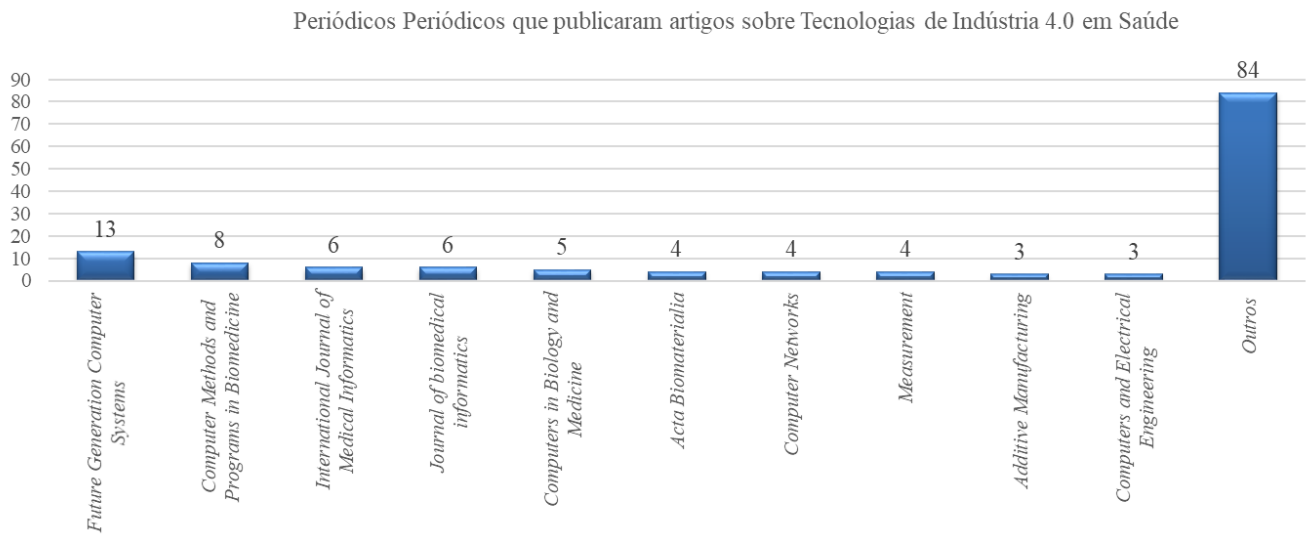


Figura 3. Publicações por periódicos

### 3.4. Autores com maior número de publicações

Os artigos selecionados apresentam autorias diversas, em consonância com a pulverização dos jornais nos quais foram publicados. Devido ao tema de pesquisa e suas diversas vertentes possíveis, os responsáveis pelas publicações selecionadas atuam em distintas áreas, conforme evidenciado ao avaliar as instituições aos quais pertencem. Desta forma, não foi possível identificar autores cujo número de publicações seja representativo frente aos demais.

### 3.5. Metodologia Aplicada

Os trabalhos selecionados apresentaram principalmente experimentos e estudos de caso como metodologia de pesquisa, escolha justificada por serem temas recentes e considerados iniciativas inovadoras, de acordo com a literatura encontrada. Da mesma forma, a representação de pesquisas bibliográficas mostra o interesse da comunidade científica em obter mais informações sobre as Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 e suas aplicações nas áreas da saúde. Um total de 3 artigos, dentre os selecionados, apresentaram *Surveys*. 54% dos trabalhos selecionados apresentaram abordagens qualitativas com o intuito de fornecer informações baseadas nas particularidades de cada caso estudado.

Metodologia aplicada nos estudos selecionados sobre aplicação das Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 em saúde

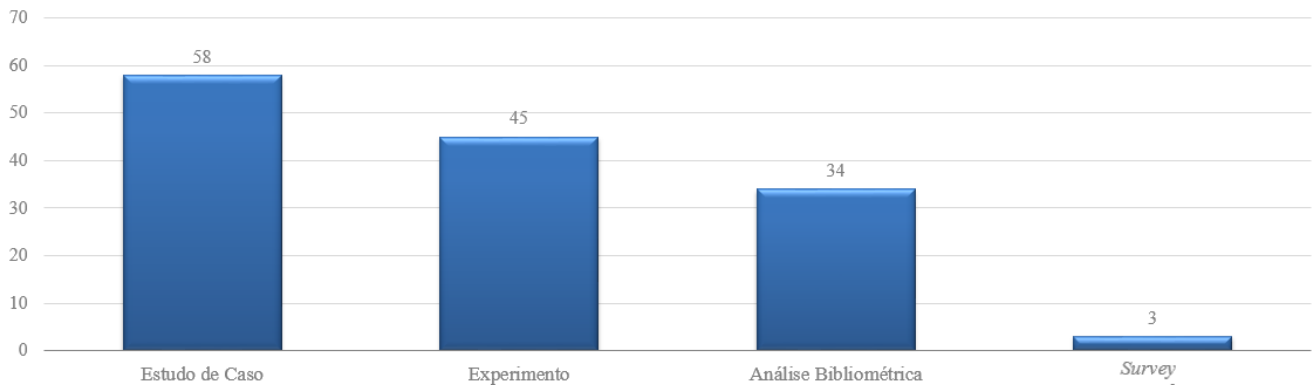


Figura 4. Metodologia de Pesquisa

### 3.6. Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 na Área da Saúde

A revisão de literatura realizada por esta pesquisa identificou iniciativas relacionadas a utilização das seguintes Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 na área da Saúde: *Big Data*; Internet das Coisas; Computação em Nuvem; Sistemas Ciberfísicos; Manufatura Aditiva e; Inteligência Artificial. Nenhum dos artigos selecionados abordou iniciativas relacionadas a *Collaborative Robots*, como apresentado na Tabela a seguir:

Tecnologia Ind4.0	Áreas da Saúde										Total	
	Definição de Diagnósticos	Gerenciamento de Dados	Predição de Diagnósticos	Segurança da Informação	Estrutura e Recursos	Monitoramento de Pacientes	Perspectivas	Medicamentos	Implantes Médicos	Educação Médica		Procedimentos Cirúrgicos
Big Data	14	12	7	4	3	3						43
Internet das Coisas	3	4	3	5	4	11	1					31
Computação em nuvens	2	6	4	3	2	1	3	2				23
Manufatura Aditiva								1	16	3	2	22
Realidade Aumentada		1	1							3	12	17
Inteligência Artificial			1				1					2
Sistemas ciberfísicos		1		1								2

Tabela 1. Tecnologias Habilitadoras na Área da Saúde



Entre as tecnologias abordadas nos artigos selecionados, *Big Data* teve o maior número de estudos associados, correspondendo a 31% do total de artigos elegíveis a este estudo. Esta Tecnologia Habilitadora de Indústria 4.0 é caracterizada pela grande quantidade de dados disponíveis e seu uso potencial para análises, gerando informações sobre determinado tema e possibilitando o uso destas informações para tomada de decisões. Assim, ao relacionar esta tecnologia a área da saúde, Hrovat (2014) caracteriza o prontuário eletrônico de pacientes como importante base de dados, permite acesso mais fácil a informações médicas, cuja análise pode proporcionar mais conhecimento sobre o perfil dos pacientes. A utilização de dados clínicos deve apoiar a estruturação de diretrizes estratégicas para instituições de saúde alcançarem seus objetivos (Pramanik, 2017), bem como definir abordagens clínicas relacionadas às linhas de atendimento (Ramkumar, 2019). Simpao (2015) aborda a análise de dados clínicos para personalização da atenção ao paciente submetido a procedimentos anestésicos.

O *Big Data* pode ser usado para a identificação de surtos de doenças (Rexit, 2015), pesquisas epidemiológicas relacionadas, por exemplo, a condições clínicas cardíacas de pacientes (Koretsune, 2017) e impactos clínicos resultantes de tratamentos radiológicos em pacientes com câncer (Yao, 2018). Assim, é necessário garantir a qualidade dos dados de saúde gerados, para sua correta interpretação e uso (Sukumar, 2015). Análises comparativas da qualidade das bases de dados também são necessárias, conforme apresentado por (Bedard, 2018).

A análise, tratamento e interpretação de grandes quantidades de dados, conforme viabiliza a utilização de *Big Data* em Saúde, permite que os serviços de saúde utilizem as informações disponíveis para diagnóstico de patologias, como foi aplicado a pacientes com câncer de mama (Men, 2018), câncer de pulmão (Sun, 2017), arterosclerose (Kolossváry, 2019), diabetes gestacional (Moreira, 2018) e alzheimer (Munir, 2019). A análise de dados de saúde também foi utilizada para identificar pacientes com características clínicas de epilepsia (Baldassano, 2019), doenças cardíacas (Banchhor, 2018), esteatose hepática (Goldshstein, 2019), dispepsia (Park, 2017) e doenças raras com características específicas (Johnson, 2018). Além disso, a estruturação de algoritmos para interpretação dos dados foi utilizada para identificar reações alérgicas a medicamentos (Li, 2019), interpretação de anormalidades em exames eletrocardiológicos (Ribeiro, 2019) e em exames mamográficos (Murphy, 2018) com o objetivo de evitar atrasos de tratamento.

Verificou-se que a definição de algoritmos aplicados aos dados em saúde pode permitir a predição de doenças por meio da interpretação das condições clínicas atuais. Librenza-Garcia (2017) apresentou a avaliação de tendências para prever a evolução de transtorno bipolar em pacientes, (Passos, 2016) abordou a predição de riscos de suicídio em pacientes com distúrbios de humor. Da mesma forma, a predição de doenças resultante da análise de dados por meio de algoritmos foi relacionada a predição de doenças cardíacas (Vivekanandan, 2017), anafilaxia (Segura-Bedmar, 2018) e distúrbios psiquiátricos (Rutledge, 2019). Também foi relatado o uso de *Big Data* para prever a ocorrência de câncer de pulmão (Lynch, 2017) e previsão de doenças pandêmicas (Chen, 2017).

Alguns estudos avaliaram as condições clínicas de pacientes, monitorando seus sinais vitais utilizando dados médicos disponíveis (Serhani, 2017) (Nilashi, 2019) (Forkan, 2017). Para possibilitar o uso do *Big Data* nas instituições de saúde, é necessário fornecer estruturas e recursos adequados (Pashazadeh, 2018), que envolvam mecanismos para alocação adequada de recursos tecnológicos para a saúde (Xia, 2019)(Carney 2017), mecanismos de coleta de dados (Istephan, 2016), análise de dados (Leightley, 2018) e tratamento de dados de saúde (Mavrogiorgou, 2019). Como os registros médicos apresentam dados confidenciais dos pacientes, foram abordadas questões de segurança contra violações de dados (Anisetti, 2018)(Kim, 2017), também a necessidade de proteger dados genômicos (Quinn, 2018) e dados obtidos por aplicativos de smartphones (Brodie, 2018), por meio de criptografia (Yang, 2015).

A conectividade e a integração entre sensores e sistemas, que geram, recebem e compartilham dados médicos, estão representadas na aplicação da Internet das Coisas. Questões relacionadas à estrutura destacaram a necessidade de recursos para otimizar as transmissões em tempo real (Elhoseny, 2018), garantindo armazenamento e processamento imediatos de dados (Manogaran, 2018) (Hossain, 2016), bem como mecanismos para interpretação imediata de informações (Azimi, 2019). Houve também abordagem sobre a otimização dessas estruturas, visando a integração de sistemas a baixo custo (Santos, 2015).

A principal aplicação da Internet das Coisas na saúde está relacionada ao monitoramento em tempo real de dados de pacientes, usando sensores móveis e sem fio para rastrear sinais vitais (Alharbe, 2014) (Dritsa, 2018) (Wong, 2017), riscos relacionados a idosos (Tang, 2019) (Sivathanu, 2018) ou para o tratamento pré-natal ambulatorial de mulheres gestantes (Musyoka, 2019). Os cuidados básicos de enfermagem podem ser otimizados usando a Internet das Coisas (Mieronkoski, 2017), além de monitorar pacientes durante o exercício (Bhatia, 2017), durante procedimentos de reabilitação (Bobin, 2019), rastrear sua localização (Adame, 2018) e monitorar pacientes para prevenir apneia do sono (Yacchirema, 2018). Com o monitoramento de dados em tempo real, estudos abordaram a aplicação da Internet das Coisas para a identificação de diagnósticos de câncer (Masood, 2018) (Abdel-Basset, 2019), interpretação de exames de imagem (Al-Shayea, 2019) e detecção de acidente vascular cerebral (Dourado, 2019). Estudos abordaram a predição de doenças cardíacas (Al-Makhadmeh, 2019) e os riscos de mortalidade por câncer (Yue, 2018). Estas informações podem ajudar na alocação de recursos através da previsão de demanda (Fischer, 2019).

Internet das Coisas significa interconectividade, portanto, os estudos abordaram a segurança de informações compartilhadas contra violações de dados (Boussada, 2019) (Abdmeziem, 2015), usando criptografia na transferência mútua de informações (Hadian, 2019), com foco na autenticação de dados (Aghili, 2019), rastreabilidade de fontes de dados em tempo real (Lomotey, 2017) (Godfrey, 2018) e compartilhamento de dados de maneira segura e econômica (Paschou, 2013). A aplicação da tecnologia da Internet das Coisas suporta a estruturação do conceito de saúde inteligente (Tian, 2019).

Computação em Nuvem foi a terceira Tecnologia Habilitadora de Indústria 4.0 entre os artigos analisados. Computação em Nuvem fornece recursos mais robustos de armazenamento de dados, para que possam ser transmitidos e compartilhados com mais facilidade e sem depender do suporte de hardware. O armazenamento de dados também requer recursos para garantir a redução das latências da rede (Vilela, 2019) permite o recebimento de dados em tempo real (Pandey, 2012) (Wang, 2016), bem como a transmissão e o monitoramento desses dados (Kumar, 2019). Computação em Nuvem pode disponibilizar o acesso a dados médicos em regiões distantes (Lin, 2014) (Miah, 2017) usando diferentes formatos de dados (Goli-Malekabadi, 2016) a favor de melhorias na saúde (Chung, 2017). A segurança de informações armazenadas também é abordada em relação à segurança dos servidores (Ye, 2018) durante o compartilhamento de dados (Hasan, 2018). Quando o compartilhamento de dados ocorre através das fronteiras nacionais é necessário se atentar a leis para garantir segurança (Seddon, 2013).

Além disso, Computação em Nuvem foi apresentado como uma ferramenta importante para monitorar pacientes em tempo real (Xia, 2013), detectar anormalidades clínicas, prever tendências futuras (Forkan, 2015), definição de doenças transmitidas por vetores, como mosquitos (Vijayakumar, 2018) e identificação de lesões cancerígenas (Oubel, 2015). A previsão de doenças foi associada à análise de dados em nuvem (Zhang, 2018), que pode prever a ocorrência de doenças de intercorrências (Richter, 2019) e de câncer (Mahmud, 2016). O armazenamento de históricos de dados de saúde permite rastreabilidade de medicamentos (Long, 2017) e acompanhamento da adesão à terapia medicamentosa (Chow, 2017). Estudos apresentaram perspectivas para a aplicação dessa tecnologia na saúde (Huang, 2015) (Ali, 2018), bem como estudos sobre a percepção dos usuários sobre essa tecnologia (Hsieh, 2015).

A Tecnologia Manufatura Aditiva, caracterizada pela impressão 3D, apresenta aplicações na saúde relacionadas principalmente ao desenvolvimento de implantes médicos (Oh, 2018). Vários estudos apresentaram a possibilidade de produzir tecido ósseo sintético (Barba, 2019), reproduzindo a porosidade da estrutura óssea (Wauthle, 2015) e a possibilidade de utilizar vários materiais para desenvolver implantes médicos. Aditivos metálicos para implantes cirúrgicos (Burton, 2018), componentes metálicos e cerâmicos para restaurações dentárias (Wang, 2019) (Schwarzer, 2018) e componentes de fibra de gesso-sisal (Coelho, 2019) foram abordados. Os estudos também relacionaram características mecânicas necessárias à produção de implantes médicos (Zhang, 2018), como porosidade (Parthasarathy, 2011) e maciez adequada para reparos nos nervos periféricos (Singh, 2018). Van Eijnatten (2018) apresentou métodos de segmentação de imagens utilizados na fabricação de aditivos médicos, enquanto Bae (2017) avaliou o uso de Manufatura Aditiva para a impressão de restaurações dentárias.

Tópicos sobre biocompatibilidade de materiais utilizados para impressão 3D de implantes médicos (Barui, 2019), avaliação toxicológica destes materiais (Alifui-Segbaya, 2018), resistência bacteriana (Begines, 2016) e níveis de contaminação (O'malley, 2016) destacaram a busca por produtos de saúde seguros e personalizados. Foi apresentada a produção de cápsulas impressas obtidas por Manufatura Aditiva, cujo tempo e local de absorção puderam ser calculados, de acordo com Smith (2018). Impressões 3D podem contribuir para a educação médica através da produção de modelos anatômicos (Abdelkarim, 2018), sendo usadas para desenvolver as habilidades dos alunos diante de simulações de condições clínicas reais, como apresentado por AlAli (2018) e Cote (2018). Tais simulações também podem dar suporte ao planejamento pré-operatório (Tam, 2018) reduzindo potencialmente o tempo de cirurgia e os riscos de intercorrências inesperadas (Takao, 2017).

A Tecnologia Habilitadora de Industria 4.0 denominada Realidade Aumentada foi apresentada em iniciativas de educação médica, sendo utilizada para simular procedimentos cirúrgicos como artroscopia (Rose, 2015) e cirurgias odontológicas (Huang, 2018). Estudos anatômicos gerais que utilizaram Realidade Aumentada permitiram o desenvolvimento de habilidades médicas (Kugelmann, 2018) (Leblanc, 2010) e garantir o conhecimento prévio de procedimentos cirúrgicos, possibilitando procedimentos menos invasivos (Vikal, 2010). Informações clínicas adicionais em tempo real podem apoiar a tomada de decisões durante procedimentos cirúrgicos, conforme apresentado por Wang (2015), e também por Pfandler (2017), em cirurgia da coluna vertebral, braquiterapia intersticial (Krempien, 2008), prostatectomia radical (Eissa, 2019) e cirurgia hepatobiliar (Tang, 2018).

O planejamento pré-operatório através de análises de realidade aumentada foi relatado por Teber (2009), assim como aplicado durante procedimento de ablação térmica do fígado (Nicolau, 2009). A realidade aumentada permitiu o treinamento de novas técnicas cirúrgicas (Chen, 2018), também desenvolvendo habilidades técnicas associadas a cirurgia assistida por robôs (Moglia, 2016) e telecolaborações cirúrgicas realizadas em tempo real (Davis, 2016). A disponibilidade de informações virtuais no ambiente real permitiu aumentar a disponibilidade de informações relacionadas à segurança no uso de equipamentos médicos (Escalada-Hernandes, 2019) e apoiar profissionais médicos nas avaliações neuropsicológicas de pacientes idosos em risco de demência (Dimitriadis, 2016).

Em relação à aplicação de Sistemas Ciberfísicos na área da Saúde, foram abordadas iniciativas para garantir segurança contra violações de dados em ambientes cibernéticos (Meng, 2018), além de aplicações dessa tecnologia em monitores tridimensionais em ambientes de saúde (Miranda-Veja, 2018).

Inteligência Artificial foi relacionada ao campo da saúde como uma ferramenta facilitadora para a tomada de decisões diante da identificação automática dos riscos de trauma esportivo, conforme apresentado por Kakavas (2019). Da mesma forma, a Inteligência Artificial possibilitou identificar a adesão de pacientes à terapia medicamentosa, de acordo Wu (2017), por meio da análise da retirada de



customizados e mais seguros, bem como o monitoramento, em tempo real, de dados vitais de pacientes. As Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 mais frequentemente pelos estudos avaliados também estão associadas ao gerenciamento de dados e a produção de implantes médicos, sendo estas: *Big Data*, Computação em Nuvem, Internet das Coisas e Manufatura Aditiva.

A contribuição deste estudo está relacionado ao fornecimento estruturado de informações sobre o progresso da adoção de Tecnologias Habilitadoras de Indústria 4.0 na área da Saúde e a correlação entre suas principais características intrínsecas e suas contribuições para a área da saúde. É importante que profissionais e organizações de saúde prospectem novas oportunidades de ação e aplicação destas tecnologias existentes no contexto da saúde em que estão envolvidas, desta forma, podendo atender as expectativas de seus clientes e oferecer produtos e serviços que atendam suas necessidades de maneira efetiva.

Este estudo teve como limitação a avaliação exclusiva de artigos científicos publicados em periódicos. Assim, recomenda-se a realização de pesquisas futuras envolvendo diversos tipos de materiais.

## **Referências**

ABDEL-BASSET, M., & MOHAMED, M.A novel and powerful framework based on neutrosophic sets to aid patients with cancer. **Future Generation Computer Systems**,v. 98, p. 144–153, 2019.

ABDELKARIM, A., HAGEMAN, A., LEVI, D. S., & ABOULHOSN, J. Operationalizing low-cost three-dimensional printing in planning for complex congenital cardiac interventions. **Materials Today Communications**,v. 15, p. 171–174, 2018.

ABDMEZIEM, M. R., & TANDJAOUI, D. An end-to-end secure key management protocol for e-health applications. **Computers & Electrical Engineering**,v. 44, p. 184–197, 2015.

ADAME, T., BEL, A., CARRERAS, A., MELIÀ-SEGUÍ, J., OLIVER, M., POUS, R.CUIDATS: An RFID–WSN hybrid monitoring system for smart health care environments. **Future Generation Computer Systems**,v. 78, p. 602–615, 2018.

AGHILI, S. F., MALA, H., KALIYAR, P., & CONTI, M. SECLAP: Secure and lightweight RFID authentication protocol for Medical IoT. **Future Generation Computer Systems**,v. 101, p. 621–634, 2019.

ALALI, A. B., GRIFFIN, M. F., CALONGE, W. M., BUTLER, P. E. Evaluating the Use of Cleft Lip and Palate 3D-Printed Models as a Teaching Aid. **Journal of Surgical Education**, v. 75, n. 1, p. 200–208, 2018.

ALHARBE, N., S. ATKINS, A. A study of the application of automatic healthcare tracking and monitoring system in Saudi Arabia. **International Journal of Pervasive Computing and Communications**, v. 10, n. 2, p. 183–195, 2014.

ALI, O., SHRESTHA, A., SOAR, J., WAMBA, S. F.Cloud computing-enabled healthcare opportunities, issues, and applications: A systematic review. **International Journal of Information Management**, v. 43, p. 146–158, 2018.

ALIFUI-SEGBAYA, F., BOWMAN, J., WHITE, A. R., VARMA, S., LIESCHKE, G. J., GEORGE, R.Toxicological assessment of additively manufactured methacrylates for medical devices in dentistry. **ActaBiomaterialia**, v. 78, p. 64–77, 2018.

- AL-MAKHADMEH, Z., TOLBA, A. Utilizing IoT Wearable Medical Device for Heart Disease Prediction using Higher Order Boltzmann Model: A Classification Approach. **Measurement**, v. 147, 2019.
- AL-SHAYEA, T. K., MAVROMOUSTAKIS, C. X., MONGAY BATALLA, J., MASTORAKIS, G.A. Hybridized Methodology of Different Wavelet Transformations Targeting Medical Images in IoT Infrastructure. **Measurement**, v. 148, 2019.
- ANISETTI, M., ARDAGNA, C., BELLANDI, V., CREMONINI, M., FRATI, F., DAMIANI, E. Privacy-aware Big Data Analytics as a service for public health policies in smart cities. **Sustainable Cities and Society**, v. 39, p. 68–77, 2018.
- AZIMI, I., PAHIKKALA, T., RAHMANI, A. M., NIELA-VILÉN, H., AXELIN, A., LILJEBERG, P. Missing data resilient decision-making for healthcare IoT through personalization: A case study on maternal health. **Future Generation Computer Systems**, v. 96, p. 297–308, 2019.
- BAE, E.-J., JEONG, I.-D., KIM, W.-C., KIM, J.-H. A comparative study of additive and subtractive manufacturing for dental restorations. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 118, v. 2, p. 187–193, 2017.
- BALDASSANO S. N. B., HILL C. E., SHANKAR A., BERNABEI J., KHANKHANIAN P., LITT B. Big data in status epilepticus. **Epilepsy & Behavior**, 2019.
- BANCHHOR, S. K., LONDHE, N. D., ARAKI, T., SABA, L., RADEVA, P., KHANNA, N., & SURI, J. S. Calcium detection, its quantification, and grayscale morphology-based risk stratification using machine learning in multimodality big data coronary and carotid scans: A review. **Computers in Biology and Medicine**, v. 101, p. 184–198, 2018.
- BARBA, D., ALABORT, E., REED, R. C. Synthetic Bone: Design by Additive Manufacturing. **Acta Biomaterialia**, v. 97 p. 637–656, 2019.
- BARUI, S., PANDA, A. K., NASKAR, S., KUPPURAJ, R., BASU, S., BASU, B. 3D inkjet printing of biomaterials with strength reliability and cytocompatibility: Quantitative process strategy for Ti-6Al-4V. **Biomaterials**, v. 213, 2019.
- BAUMEISTER, R. F., LEARY, M. R. Writing narrative literature reviews. **Review of General Psychology**, v. 1, 1997.
- BEDARD N. A., PUGELY A. J., MCHUGH M. A., LUX N. R., BOZIC K. J., CALLAGHAN J. J. Big Data and Total Hip Arthroplasty: How Do Large Databases Compare?. **The Journal of Arthroplasty**, v. 33, p. 41-45, 2018.
- BEGINES, B., HOOK, A. L., ALEXANDER, M. R., TUCK, C. J., WILDMAN, R. D. Development, printability and post-curing studies of formulations of materials resistant to microbial attachment for use in inkjet based 3D printing. **Rapid Prototyping Journal**, v. 22, n. 5, p. 835–841, 2016.
- BHATIA, M., & SOOD, S. K. A comprehensive health assessment framework to facilitate IoT-assisted smart workouts: A predictive healthcare perspective. **Computers in Industry**, v. 92-93, p. 50–66, 2017.
- BOBIN, M., BIMBARD, F., BOUKALLEL, M., ANASTASSOVA, M., & AMMI, M. SpECTRUM: Smart Ecosystem for stroke patient's Upper limbs Monitoring. **Smart Health**, v. 13, 2019.
- BOUSSADA, R., HAMDANE, B., ELHDHILI, M. E., SAIDANE, L. A. Privacy-preserving aware data transmission for IoT-based E-health. **Computer Networks**, v. 162, 2019.

- BRODIE, M. A., PLINER, E. M., HO, A., LI, K., CHEN, Z., GANDEVIA, S. C., LORD, S. R. Big data vs accurate data in health research: Large-scale physical activity monitoring, smartphones, wearable devices and risk of unconscious bias. **Medical Hypotheses**, v. 119, p. 32–36, 2018.
- BURTON, H. E., PEEL, S., EGGBEER, D. Reporting fidelity in the literature for computer aided design and additive manufacture of implants and guides. **Additive Manufacturing**, v. 23, p. 362–373, 2018.
- CARNEY T.J., KONG A.Y. Leveraging health informatics to foster a smart systems response to health disparities and health equity challenges. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 68, p. 184–189, 2017.
- CHEN, L., TANG, W., JOHN, N. W., WAN, T. R., ZHANG, J. J. SLAM-based dense surface reconstruction in monocular Minimally Invasive Surgery and its application to Augmented Reality. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 158, p. 135–146, 2018.
- CHEN, Y., CRESPI, N., ORTIZ, A. M., & SHU, L. Reality mining: A prediction algorithm for disease dynamics based on mobile big data. **Information Sciences**, v. 379, p. 82–93, 2017.
- CHOW, J. C. L. Internet-based computer technology on radiotherapy. **Reports of Practical Oncology & Radiotherapy**, v. 22, n. 6, p. 455–462, 2017.
- CHUNG, C.-J., KUO, Y.-C., HSIEH, Y.-Y., LI, T.-C., LIN, C.-C., LIANG, W.-M., LIN, H.C. Subject-enabled analytics model on measurement statistics in health risk expert system for public health informatics. **International Journal of Medical Informatics**, v. 107, p. 18–29, 2017.
- COELHO A. W. F., THIRÉ R. M. S. M., ARAUJO A.C. Manufacturing of gypsum–sisal fiber composites using binder jetting. **Additive Manufacturing**, v. 29, 2019.
- COOPER, H.M. AND LINDSAY, J.L. Research synthesis and meta-analysis. In: L. Beckman, D.J.R. (Eds), Handbook of applied social research methods. **Thousand Oaks**, 1998.
- COTE, V., SCHWARTZ, M., ARBOUIN VARGAS, J. F., CANFAROTTA, M., KAVANAGH, K. R., HAMDAN, U., VALDEZ, T. A. 3-Dimensional printed haptic simulation model to teach incomplete cleft palate surgery in an international setting. **International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology**, v. 113, p. 292–297, 2018.
- DAVIS, J., MENGERSEN, K., BENNETT, S., MAZEROLLE, L. Viewing systematic reviews and meta-analysis in social research through different lenses. **SpringerPlus**, v. 3, p. 511, 2014.
- DAVIS, M. C., CAN, D. D., PINDRIK, J., ROCQUE, B. G., JOHNSTON, J. M. Virtual Interactive Presence in Global Surgical Education: International Collaboration Through Augmented Reality. **World Neurosurgery**, v. 86, p. 103–111, 2016.
- DIMITRIADIS, S. I., TARNANAS, I., WIEDERHOLD, M., WIEDERHOLD, B., TSOLAKI, M., FLEISCH, E. Mnemonic strategy training of the elderly at risk for dementia enhances integration of information processing via cross-frequency coupling. **Alzheimer's & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions**, v. 2, n. 4, p. 241–249, 2016.
- DOURADO JR, C. M. J. M., DA SILVA, S. P. P., DA NÓBREGA, R. V. M., DA S. BARROS, A. C., FILHO, P. P. R., DE ALBUQUERQUE, V. H. C. Deep learning IoT system for online stroke detection in skull computed tomography images. **Computer Networks**, v. 152, p. 25–39, 2019.
- DRITSA, D., & BILORIA, N. Towards a multi-scalar framework for smart healthcare. **Smart and Sustainable Built Environment**, v. 7, n. 1, p.33–52, 2018.

- EISSA, A., ZOEIR A., SIGHINOLFI M. A., PULIATTI S., BEVILACQUA L., DEL PRETE C., BERTONI L., AZZONI P., BONETTI L. R., MICALI S., BIANCHI G., ROCCO B. “Real-time” Assessment of Surgical Margins during Radical Prostatectomy: State-of-the-Art. **Clinical Genitourinary Cancer**, 2019.
- ELHOSENY, M., ABDELAZIZ, A., SALAMA, A. S., RIAD, A. M., MUHAMMAD, K., SANGAIAH, A. K. A hybrid model of Internet of Things and cloud computing to manage big data in health services applications. **Future Generation Computer Systems**, v. 86, p. 1383–1394, 2018.
- ESCALADA-HERNÁNDEZ, P., RUIZ, N. S. Design and evaluation of a prototype of augmented reality applied to medical devices. **International Journal of Medical Informatics**, v. 128, p. 87–92, 2019.
- FISCHER, G. S., RIGHI, R. DA R., RAMOS, G. DE O., COSTA, C. A. DA, RODRIGUES, J. J. P. C. EHealth: Using Internet of Things and data prediction for elastic management of human resources in smart hospitals. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 87, 2019.
- FORKAN, A. R. M., KHALIL, I., ATIQUZZAMAN, M. ViSiBiD: A learning model for early discovery and real-time prediction of severe clinical events using vital signs as big data. **Computer Networks**, v. 113, p. 244–257, 2017.
- FORKAN, A. R. M., KHALIL, I., TARI, Z., FOUFOU, S., BOURAS, A. A context-aware approach for long-term behavioural change detection and abnormality prediction in ambient assisted living. **Pattern Recognition**, v. 48, n. 3, p. 628–641, 2015.
- GODFREY, A., HETHERINGTON, V., SHUM, H., BONATO, P., LOVELL, N. H., STUART, S. From A to Z: Wearable technology explained. **Maturitas**, v. 113, p. 40–47, 2018.
- GOLDSHTEIN, I., CHODICK, G., KOCHBA, I., GAL, N., WEBB, M., SHIBOLET O. Nonalcoholic Fatty Liver Identification and Characterization Using Big Data. **Clinical Gastroenterology and Hepatology**, 2019.
- GOLI-MALEKABADI, Z., SARGOLZAEI-JAVAN, M., AKBARI, M. K. An effective model for store and retrieve big health data in cloud computing. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 132, p. 75–82, 2016.
- HADIAN, M., ALTUWAIYAN, T., LIANG, X., LI, W. Privacy-preserving voice-based search over mHealth data. **Smart Health**, v. 12, p. 24–34, 2019.
- HASAN, M. Z., MAHDI, M. S. R., SADAT, M. N., MOHAMMED, N. Secure count query on encrypted genomic data. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 81, p. 41–52, 2018.
- HIDEMASA TAKAO. H., AMEMIYA S., SHIBATA E., OHTOMO K. 3D Printing of Preoperative Simulation Models of a Splenic Artery Aneurysm: Precision and Accuracy. **Technical Report Academic Radiology**, v. 24, p. 650–653, 2017.
- HOSSAIN, M. S., MUHAMMAD, G. Cloud-assisted Industrial Internet of Things (IIoT) – Enabled framework for health monitoring. **Computer Networks**, v. 101, p. 192–202, 2016.
- HROVAT, G., STIGLIC, G., KOKOL, P., OJSTERŠEK, M. Contrasting temporal trend discovery for large healthcare databases. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 113, n. 1, p. 251–257, 2014.
- HSIEH, P.-J. Healthcare professionals use of health clouds: Integrating technology acceptance and status quo bias perspectives. **International Journal of Medical Informatics**, v. 84, n. 7, p. 512–523, 2015.



HUANG, T., LAN, L., FANG, X., AN, P., MIN, J., & WANG, F. Promises and Challenges of Big Data Computing in Health Sciences. **Big Data Research**, v. 2, n. 1, p. 2–11, 2015.

HUANG, T.-K., YANG, C.-H., HSIEH, Y.-H., WANG, J.-C., HUNG, C.-C. Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applied in dentistry. **The Kaohsiung Journal of Medical Sciences**, v. 34, n. 4, p. 243–248, 2018.

ISTEPHAN, S., SIADAT, M. R. Unstructured medical image query using big data – An epilepsy case study. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 59, p. 218–226, 2016.

JOHNSON, A. C., ETHUN, C. G., LIU, Y., LOPEZ-AGUIAR, A. G., TRAN, T. B., POULTSIDES, G., MAITHEL, S. K. Studying a Rare Disease Using Multi-Institutional Research Collaborations vs Big Data: Where Lies the Truth? **Journal of the American College of Surgeons**, 2018.

KAKAVAS, G., Malliaropoulos, N., Pruna, R., Maffulli, N. Artificial Intelligence A tool for sports trauma prediction. **Injury**. 2019.

KIM, S., LEE, H., CHUNG, Y. D. Privacy-preserving data cube for electronic medical records: An experimental evaluation. **International Journal of Medical Informatics**, v. 97, p. 33–42, 2017.

KOLOSSVÁRY, M., DE CECCO, C. N., FEUCHTNER, G., MAUROVICH-HORVAT, P. Advanced atherosclerosis imaging by CT: Radiomics, machine learning and deep learning. **Journal of Cardiovascular Computed Tomography**, 2019.

KORETSUNE, Y., YAMASHITA, T., YASAKA, M., ODA, E., MATSUBAYASHI, D., OTA, K., YAMAGUCHI, T. Usefulness of a healthcare database for epidemiological research in atrial fibrillation. **Journal of Cardiology**, v. 70, n. 2, p. 169–179, 2017.

KREMPIEN, R., HOPPE, H., KAHRS, L., DAEUBER, S., SCHORR, O., EGGERS, G., HARMS, W. Projector-Based Augmented Reality for Intuitive Intraoperative Guidance in Image-Guided 3D Interstitial Brachytherapy. **International Journal of Radiation Oncology Biology Physics**, v. 70, n. 3, p. 944–952, 2008.

KUGELMANN, D., STRATMANN, L., NÜHLEN, N., BORK, F., HOFFMANN, S., SAMARBARKSH, G., WASCHKE, J. An Augmented Reality magic mirror as additive teaching device for gross anatomy. **Annals of Anatomy**, v. 215, p. 71–77, 2018.

KUMAR, M.A., VIMALA, R., BRITTO, K R. A cognitive technology based healthcare monitoring system and medical data transmission. **Measurement**, v. 146, p. 322–332, 2019.

LEBLANC, F., SENAGORE, A. J., ELLIS, C. N., CHAMPAGNE, B. J., AUGESTAD, K. M., NEARY, P. C., DELANEY, C. P. Hand-Assisted Laparoscopic Sigmoid Colectomy Skills Acquisition: Augmented Reality Simulator Versus Human Cadaver Training Models. **Journal of Surgical Education**, v. 67, n. 4, p. 200–204, 2010.

LEIGHTLEY, D., CHUI, Z., JONES, M., LANDAU, S., MCCRONE, P., HAYES, R. D., GOODWIN, L. Integrating electronic healthcare records of armed forces personnel: Developing a framework for evaluating health outcomes in England, Scotland and Wales. **International Journal of Medical Informatics**, v. 113, p. 17–25, 2018.

LI, S., YU, C.-H., WANG, Y., BABU, Y. Exploring adverse drug reactions of diabetes medicine using social media analytics and interactive visualizations. **International Journal of Information Management**, v. 48, p. 228–237, 2019.

- XU, L.D., XU, E.L., LI, L. Industry 4.0: state of the art and future trends. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2941-2962, 2018.
- LIBRENZA-GARCIA, D., KOTZIAN, B. J., YANG, J., MWANGI, B., CAO, B., PEREIRA LIMA, L. N., PASSOS, I. C. The impact of machine learning techniques in the study of bipolar disorder: A systematic review. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 80, p. 538–554, 2017.
- LIN, C.-W., ABDUL, S. S., CLINCIU, D. L., SCHOLL, J., JIN, X., LU, H., LI, Y.-C. Empowering village doctors and enhancing rural healthcare using cloud computing in a rural area of mainland China. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 113, n. 2, p. 585–592, 2014.
- LOMOTHEY, R. K., PRY, J., Sriramoju, S. Wearable IoT data stream traceability in a distributed health information system. **Pervasive and Mobile Computing**, v. 40, p. 692–707, 2017.
- LONG, J., YUAN, M. J. A novel clinical decision support algorithm for constructing complete medication histories. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 145, p. 127–133, 2017.
- LYNCH, C. M., ABDOLLAHI, B., FUQUA, J. D., DE CARLO, A. R., BARTHOLOMAI, J. A., BALGEMANN, R. N., FRIEBOES, H. B. Prediction of lung cancer patient survival via supervised machine learning classification techniques. **International Journal of Medical Informatics**, v. 108, p. 1–8, 2017.
- MAHMUD, S., IQBAL, R., DOCTOR, F. Cloud enabled data analytics and visualization framework for health-shocks prediction. **Future Generation Computer Systems**, v. 65, p. 169–181, 2016.
- MANOGARAN, G., VARATHARAJAN, R., LOPEZ, D., KUMAR, P. M., SUNDARASEKAR, R., THOTA, C. A new architecture of Internet of Things and big data ecosystem for secured smart healthcare monitoring and alerting system. **Future Generation Computer Systems**, v. 82, p. 375–387, 2018.
- MASOOD, A., SHENG, B., LI, P., HOU, X., WEI, X., QIN, J., FENG, D. Computer-Assisted Decision Support System in Pulmonary Cancer detection and stage classification on CT images. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 79, 2018.
- MAVROGIORGOU, A. Analyzing data and data sources towards a unified approach for ensuring end-to-end data and data sources quality in healthcare 4.0. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, 2019.
- MEN, K., ZHANG, T., CHEN, X., CHEN, B., TANG, Y., WANG, S., DAI, J. Fully automatic and robust segmentation of the clinical target volume for radiotherapy of breast cancer using big data and deep learning. **Physica Medica**, v. 50, p. 13–19, 2018.
- MENG, W., LI, W., WANG, Y., AU, M. H. Detecting insider attacks in medical cyber–physical networks based on behavioral profiling. **Future Generation Computer Systems**, 2018.
- MIAH, S. J., HASAN, J., GAMMACK, J. G. On-Cloud Healthcare Clinic: An e-health consultancy approach for remote communities in a developing country. **Telematics and Informatics**, v. 34, n. 1, p. 311–322, 2017.
- MIERONKOSKI, R., AZIMI, I., RAHMANI, A. M., AANTAA, R., TERÄVÄ, V., LILJEBERG, P., SALANTERÄ, S. The Internet of Things for basic nursing care - A scoping review. **International Journal of Nursing Studies**, v. 69, p. 78–90, 2017.

- MIRANDA-VEGA J. E., FLORES-FUENTES, W., SERGIYENKO O., RIVAS-LÓPEZ M., LINDNER L., RODRÍGUEZ-QUIÑONEZ J.C., HERNÁNDEZ-BALBUENA D. Optical cyber-physical system embedded on an FPGA for 3D measurement in structural health monitoring tasks. **Microprocessors and Microsystems**, v. 56, p. 121–133, 2018
- MOGLIA A., FERRARI V., MORELLI L., FERRARI M., MOSCA F., CUSCHIERI A. A Systematic Review of Virtual Reality Simulators for Robot-assisted Surgery. **European Urology**, v. 69, p. 1065-1080, 2016.
- MOHER, D., LIBERATI, A., TETZLAFF, J., ALTMAN, D. G. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. **Annals of Internal Medicine**, v. 151, p. 264–269, 2009.
- MOREIRA, M. W. L., RODRIGUES, J. J. P. C., KUMAR, N., AL-MUHTADI, J., KOROTAIEV, V. Evolutionary radial basis function network for gestational diabetes data analytics. **Journal of Computational Science**, v. 27, p. 410–417, 2018.
- MUNIR, K., DE RAMÓN-FERNÁNDEZ, A., IQBAL, S., JAVAID, N. Neuroscience patient identification using big data and fuzzy logic—An Alzheimer’s disease case study. **Expert Systems with Applications**, v. 136, p. 410–425, 2019.
- MURPHY D. R., MEYER, A. N. D., VAGHANI, V., RUSSO, E., SITTIG D.F., WEI L., WU, L., SINGH H. Electronic Triggers to Identify Delays in Follow-Up of Mammography: Harnessing the Power of Big Data in Health Care. **American Board of Radiology**, v. 15, p. 287-295, 2018.
- MUSYOKA, F. M., THIGA, M. M., MUKETHA, G. M. A 24-hour ambulatory blood pressure monitoring system for preeclampsia management in antenatal care. **Informatics in Medicine Unlocked**, v. 16, 2019.
- NICOLAU, S. A., PENNEC, X., SOLER, L., BUY, X., GANGI, A., AYACHE, N., MARESCAUX, J. An augmented reality system for liver thermal ablation: Design and evaluation on clinical cases. **Medical Image Analysis**, v. 13, n. 3, p. 494–506, 2009.
- NILASHI, M., IBRAHIM, O., SAMAD, S., AHMADI, H., SHAHMORADI, L., AKBARI, E. An Analytical Method for Measuring the Parkinson’s Disease Progression: A Case on a Parkinson’s Telemonitoring Dataset. **Measurement**, v. 136, 2019.
- O’MALLEY, F. L., MILLWARD, H., EGGBEER, D., WILLIAMS, R., COOPER, R. The use of adenosine triphosphate bioluminescence for assessing the cleanliness of additive-manufacturing materials used in medical applications. **Additive Manufacturing**, v. 9, p. 25-29, 2016.
- OH K. C., PARK J-M., SHIM J-S., KIM J-H, KIM J-E., KIM J-H. Assessment of metal sleeve-free 3D-printed implant surgical guides. **Dental Materials**, v. 35, p. 468–476, 2019.
- OLIVEIRA NETO, G. C. DE, PINTO, L. F. R., AMORIM, M. P. C., GIANNETTI, B. F., & ALMEIDA, C. M. V. B. A framework of actions for strong sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 196, p. 1629–1643, 2018.
- OUBEL, E., BONNARD, E., SUEOKA-ARAGANE, N., KOBAYASHI, N., CHARBONNIER, C., YAMAMICHI, J., KIMURA, S. Volume-based Response Evaluation with Consensual Lesion Selection. **Academic Radiology**, v. 22, n. 2, p. 217–225, 2015.

- PACCHINI, A. P. T., LUCATO, W. C., FACCHINI, F., & MUMMOLO, G. The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0. **Computers in Industry**, v. 113, 2019.
- PANDEY, S., VOORSLUYS, W., NIU, S., KHANDOKER, A., BUYYA, R. An autonomic cloud environment for hosting ECG data analysis services. **Future Generation Computer Systems**, v. 28, n. 1, p. 147–154, 2012.
- PARK, J. H., KIM, S., PARK, J.-W., KO, S.-J., LEE, S. Feasibility study of structured diagnosis methods for functional dyspepsia in Korean medicine clinics. **Integrative Medicine Research**, v. 6, n. 4, p. 443–451, 2017.
- PARTHASARATHY, J., STARLY, B., RAMAN, S. A design for the additive manufacture of functionally graded porous structures with tailored mechanical properties for biomedical applications. **Journal of Manufacturing Processes**, v. 13, n. 2, p. 160–170, 2011.
- PASCHOU, M., SAKKOPOULOS, E., SOURLA, E., TSAKALIDIS, A. Health Internet of Things: Metrics and methods for efficient data transfer. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 34, p. 186–199, 2013.
- PASHAZADEH A., NAVIMIPOUR N. J. Big data handling mechanisms in the healthcare applications: A comprehensive and systematic literature review. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 82, p. 47–62, 2018.
- PASSOS, I. C., MWANGI, B., CAO, B., HAMILTON, J. E., WU, M.-J., ZHANG, X. Y., SOARES, J. C. Identifying a clinical signature of suicidality among patients with mood disorders: A pilot study using a machine learning approach. **Journal of Affective Disorders**, v. 193, p.109–116, 2016.
- PFANDLER, M., LAZAROVICI, M., STEFAN, P., WUCHERER, P., WEIGL, M. Virtual reality-based simulators for spine surgery: a systematic review. **The Spine Journal**, v. 17, n. 9, p. 1352–1363, 2017.
- PRAMANIK, M. I., LAU, R. Y. K., DEMIRKAN, H., AZAD, M. A. K. Smart health: Big data enabled health paradigm within smart cities. **Expert Systems with Applications**, v. 87, p. 370–383, 2017.
- QUINN, P., QUINN, L. Big genetic data and its big data protection challenges. **Computer Law & Security Review**, v. 34, p. 1000–1018, 2018.
- RAMKUMAR, P. N., HAEBERLE, H. S., BLOOMFIELD, M., SCHAFFER, J. L., KAMATH, A. F., PATTERSON, B. M., KREBS, V. E. Artificial Intelligence and Arthroplasty at a Single Institution: Real-World Applications of Machine Learning to Big Data, Value-Based Care, Mobile Health, and Remote Patient Monitoring. **Journal of Arthroplasty**, v. 34, 2019.
- REXIT, R., TSUI, F., ESPINO, J., CHRYSANTHIS, P. K., WESARATCHAKIT, S., YE, Y. An analytics appliance for identifying (near) optimal over-the-counter medicine products as health indicators for influenza surveillance. **Information Systems**, v. 48, p. 151–163, 2015.
- RIBEIRO, A. L. P., PAIXÃO, G. M. M., GOMES, P. R., RIBEIRO, M. H., RIBEIRO, A. H., CANAZART, J. A., MACFARLANE, P. W. Tele-electrocardiography and bigdata: The CODE (Clinical Outcomes in Digital Electrocardiography) study. **Journal of Electrocardiology**, 2019.
- RICHTER, A. N., KHOSHGOFTAAR, T. M. Efficient learning from big data for cancer risk modeling: A case study with melanoma. **Computers in Biology and Medicine**, v. 110, p. 29–39, 2019.

- ROSE, K., & PEDOWITZ, R. Fundamental Arthroscopic Skill Differentiation With Virtual Reality Simulation. *Arthroscopy*. **The Journal of Arthroscopic & Related Surgery**, v. 31, n. 2, p. 299–305, 2015.
- RUTLEDGE R. B., CHEKROUD A.M., QUENTIN J.M. HuysMachine learning and big data in psychiatry: toward clinical applications. **Current Opinion in Neurobiology**, v. 55, p. 152–159, 2019.
- SANTOS, D. F. S., ALMEIDA, H. O., PERKUSICH, A. A personal connected health system for the Internet of Things based on the Constrained Application Protocol. **Computers & Electrical Engineering**, v. 44, p. 122–136, 2015.
- SCHWARZER, E., HOLTZHAUSEN, S., SCHEITHAUER, U., ORTMANN, C., OBERBACH, T., MORITZ, T., & MICHAELIS, A. Process development for additive manufacturing of functionally graded alumina toughened zirconia components intended for medical implant application. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 39, p. 522–530, 2018.
- SEDDON, J. J. M., CURRIE, W. L. Cloud computing and trans-border health data: Unpacking U.S. and EU healthcare regulation and compliance. **Health Policy and Technology**, v. 2, n. 4, p. 229–241, 2013.
- SEGURA-BEDMAR, I., COLÓN-RUÍZ, C., TEJEDOR-ALONSO, M. Á., MORO-MORO, M. Predicting of anaphylaxis in big data EMR by exploring machine learning approaches. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 87, p. 50–59, 2018.
- SERHANI, M. A., MENSRAWY, M. E., BENHARREF, A., HAROUS, S., & NAVAZ, A. N. New algorithms for processing time-series big EEG data within mobile health monitoring systems. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 149, p. 79–94, 2017.
- SIMPAO, A. F., AHUMADA, L. M., REHMAN, M. A. Big data and visual analytics in anaesthesia and health care. **British Journal of Anaesthesia**, v. 115, n. 3, p. 350–356, 2015.
- SINGH, D., HARDING, A. J., ALBADAWI, E., BOISSONADE, F. M., HAYCOCK, J. W., CLAEYSSSENS, F. Additive manufactured biodegradable poly(glycerol sebacate methacrylate) nerve guidance conduits. **Acta Biomaterialia**, v. 78, p. 48–63, 2018.
- SIVATHANU, B. Adoption of internet of things (IOT) based wearables for elderly healthcare – a behavioural reasoning theory (BRT) approach. **Journal of Enabling Technologies**, v. 12, n. 4, p. 169–185, 2018.
- SMITH, D., KAPOOR, Y., HERMANS, A., NOFSINGER, R., KESISOGLOU, F., GUSTAFSON, T., PROCOPIO, A. 3D Printed Capsules for Quantitative Regional Absorption Studies in the GI Tract. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 550, p. 418–428, 2018.
- SUKUMAR, S. R., NATARAJAN, R., FERRELL, R. K. Quality of Big Data in health care. **International Journal of Health Care Quality Assurance**, v. 28, n. 6, p. 621–634, 2015.
- SUN, W., ZHENG, B., QIAN, W. Automatic feature learning using multichannel ROI based on deep structured algorithms for computerized lung cancer diagnosis. **Computers in Biology and Medicine**, v. 89, p. 530–539, 2017.
- TAM, C. H., CHAN, Y. C., LAW, Y., CHENG, S. W. The Role of Three-Dimensional Printing in Contemporary Vascular & Endovascular Surgery A systematic review. **Annals of Vascular Surgery**, v. 53, p. 243–254, 2018.

- TANG, R., MA, L.-F., RONG, Z.-X., LI, M.-D., ZENG, J.-P., WANG, X.-D., DONG, J.-H. Augmented reality technology for preoperative planning and intraoperative navigation during hepatobiliary surgery: A review of current methods. **Hepatobiliary & Pancreatic Diseases International**, v. 17, n. 2, p. 101–112, 2018.
- TANG, V., CHOY, K., HO, G., LAM, H., TSANG, Y. An IoMT-based geriatric care management system for achieving smart health in nursing homes. **Industrial Management & Data Systems**, v. 119, n. 8, p. 1819-1840, 2019.
- TEBER, D., GUVEN, S., SIMPFENDÖRFER, T., BAUMHAUER, M., GÜVEN, E. O., YENCILEK, F., RASSWEILER, J. Augmented Reality: A New Tool To Improve Surgical Accuracy during Laparoscopic Partial Nephrectomy? Preliminary In Vitro and In Vivo Results. **European Urology**, v. 56, n. 2, p. 332–338, 2009.
- TIAN, S., YANG, W., GRANGE, J. M. L., WANG, P., HUANG, W., YE, Z. Smart healthcare: making medical care more intelligent. **Global Health Journal**, 2019.
- VAN EIJNATTEN, M., VAN DIJK, R., DOBBE, J., STREEKSTRA, G., KOIVISTO, J., & WOLFF, J. CT image segmentation methods for bone used in medical additive manufacturing. **Medical Engineering & Physics**, v. 51, p. 6–16, 2018.
- VIJAYAKUMAR, V., MALATHI, D., SUBRAMANIASWAMY, V., SARAVANAN, P., LOGESH, R. Fog Computing-based Intelligent Healthcare System for the Detection and Prevention of Mosquito-borne Diseases. **Computers in Human Behavior**, v. 100, p. 275–285, 2018.
- VIKAL, S., U-THAINUAL, P., CARRINO, J. A., IORDACHITA, I., FISCHER, G. S., FICHTINGER, G. Perk Station—Percutaneous surgery training and performance measurement platform. **Comp. Med. Imaging and Graphics**, v. 34, n. 1, p. 19–32, 2010.
- VILELA, P. H., RODRIGUES, J. J. P. C., SOLIC, P., SALEEM, K., FURTADO, V. Performance evaluation of a Fog-assisted IoT solution for e-Health applications. **Future Generation Computer Systems**, v. 97, p. 379–386, 2019.
- VIVEKANANDAN, T., SRIMAN NARAYANA IYENGAR, N. C. Optimal feature selection using a modified differential evolution algorithm and its effectiveness for prediction of heart disease. **Computers in Biology and Medicine**, v. 90, p. 125–136, 2017.
- WANG, H., LIM, J. Y. Metal-ceramic bond strength of a cobalt chromium alloy for dental prosthetic restorations with a porous structure using metal 3D printing. **Computers in Biology and Medicine**, v. 112, 2019.
- WANG, J., SUENAGA, H., LIAO, H., HOSHI, K., YANG, L., KOBAYASHI, E., SAKUMA, I. Real-time computer-generated integral imaging and 3D image calibration for augmented reality surgical navigation. **Computerized Medical Imaging and Graphics**, v. 40, p. 147–159, 2015.
- WANG, S.-L., CHEN, Y. L., KUO, A. M.-H., CHEN, H.-M., SHIU, Y. S. Design and evaluation of a cloud-based Mobile Health Information Recommendation system on wireless sensor networks. **Computers & Electrical Engineering**, v. 49, p. 221–235, 2016.
- WAUTHLE, R., VAN DER STOK, J., AMIN YAVARI, S., VAN HUMBEECK, J., KRUTH, J.-P., ZADPOOR, A. A., SCHROOTEN, J. Additively manufactured porous tantalum implants. **Acta Biomaterialia**, v. 14, p. 217–225, 2015.

WONG, B., HO, G. T. S., TSUI, E. Development of an intelligent e-healthcare system for the domestic care industry. **Industrial Management & Data Systems**, v. 117, n. 7, p. 1426–1445, 2017.

WU Q., ZENG Z., LIN J., CHEN Y. AI empowered context-aware smart system for medication adherence. **International Journal of Crowd Science**, v. 1, n. 2, p. 102-109, 2017.

XIA, H., ASIF, I., ZHAO, X. Cloud-ECG for real time ECG monitoring and analysis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v. 110, n. 3, p. 253–259, 2013.

XIA, T., SONG, X., ZHANG, H., SONG, X., KANASUGI, H., SHIBASAKI, R. Measuring spatio-temporal accessibility to emergency medical services through big GPS data. **Health & Place**, v. 56, p. 53–62, 2019.

YACCHIREMA, D., SARABIA-JÁCOME, D., PALAU, C. E., ESTEVE, M. System for monitoring and supporting the treatment of sleep apnea using IoT and big data. **Pervasive and Mobile Computing**, v. 50, p. 25-40, 2018.

YANG, J.-J., LI, J.-Q., NIU, Y. A hybrid solution for privacy preserving medical data sharing in the cloud environment. **Future Generation Computer Systems**, v. 43-44, p. 74–86, 2015.

YAO, J.-J., ZHANG, F., GAO, T.-S., ZHANG, W.-J., LAWRENCE, W. R., ZHU, B.-T., SUN, Y. Survival impact of radiotherapy interruption in nasopharyngeal carcinoma in the intensity-modulated radiotherapy era: A big-data intelligence platform-based analysis. **Radiotherapy and Oncology**, v. 132, p. 178–187, 2018.

YE, H., LIU, J., WANG, W., LI, P., LI, T., LI, J. Secure and efficient outsourcing differential privacy data release scheme in Cyber-physical system. **Future Generation Computer Systems**, 2018.

YUE, J. C., WANG, H.-C., LEONG, Y.-Y., SU, W.-P. Using Taiwan National Health Insurance Database to model cancer incidence and mortality rates. **Insurance: Mathematics and Economics**, v. 78, p. 316–324, 2018.

ZHANG C., ZHU L., XU C, LU R. PPDP: An efficient and privacy-preserving disease prediction scheme in cloud-based e-Healthcare system. **Future Generation Computer Systems**, v. 79, p. 16–25, 2018.

ZHANG, X. Z., LEARY, M., TANG, H. P., SONG, T., QIAN, M. Selective electron beam manufactured Ti-6Al-4V lattice structures for orthopedic implant applications: Current status and outstanding challenges. **Current Opinion in Solid State and Materials Science**, v. 22, n. 3, p. 75–99, 2018.

Recebido em: 28/06/2020

Aceito em: 14/07/2021

Endereço para correspondência:

Nome: Glória de Fátima Pereira Venturini e Luiz

Fernando Rodrigues Pinto.

Email: [gfpventura@gmail.com](mailto:gfpventura@gmail.com)



Esta obra está licenciada sob uma [Licença Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)