

INDUSTRIA 4.0 E SISTEMAS CIBERFÍSICOS NA ÁREA DA FISIOTERAPIA

**Fernanda dos Santos Koehler (Universidade Federal de Santa
Catarina - UFSC)**

admfernandadossantos@gmail.com

**Patsy Geraldine Balconi Mandelli (Universidade Federal de Santa
Catarina - UFSC)**

patsymandelli@gmail.com

**Marina Souza Kracik (Universidade Federal de Santa Catarina -
UFSC)**

marina.kracik@gmail.com

**Lia Caetano Bastos (UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA)**

ecv1lcb@ecv.ufsc.br

**Tito Enio Koehler (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão
Rural de Santa Catarina - EPAGRI)**

tito.koehler@gmail.com



A Quarta Revolução Industrial, também é chamada de “Indústria 4.0” tem como conceitos fundamentais Smart Factory, Cyber-physical Systems (CPS), Self-organization, New systems in distribution and procurement, New systems in the development of products and services, Adaptation to human needs e Corporate Social Responsibility. Com este contexto, este artigo tem como objetivo investigar através de busca bibliográfica o que tem-se discutido sobre a utilização dos CPS na área de Fisioterapia. Para tal, optou-se por busca dirigida em Bases de Dados a análise dos documentos retornados, identificando ao final que existem poucas publicações sobre CPS e a Fisioterapia, no entanto as que constam apresentam importantes evoluções nesta área.

Palavras-chave: Cyber-Physical Systems (CPS); Fisioterapia; Indústria 4.0.

1. Introdução

O processo de inovação que demorava décadas para aproximar novos produtos dos consumidores, demora agora apenas alguns dias. Os produtos, principalmente no quesito tecnologia, se tornam obsoletos em uma velocidade de maior do que acostumou-se a acompanhar.

Tal percepção deve-se ao conhecimento histórico e análise de datas. As chamadas Primeira e Segunda Revolução Industrial ocorreram em um intervalo de séculos (aproximadamente 1750 a 1950), enquanto as chamadas Terceira e Quarta Revolução Industrial acontecem de 1950 até os dias atuais, ambas em menos de um século.

A Primeira Revolução Industrial trouxe a utilização da máquina a vapor, a Segunda estabeleceu dentre outros avanços a utilização da energia elétrica. A Terceira Revolução Industrial atribui-se as tecnologias de informação e comunicação, com avanços intensivos na área de telefonia, industrial, aeroespacial, biotecnologia e internet (transmissão de dados).

A Quarta Revolução Industrial, também é chamada de “Indústria 4.0”, termo cunhado pelo Governo Alemão ao utilizá-lo em seu projeto para adoção de alta-tecnologia até o ano de 2020. Lasi, Fettke, Feld e Hoffmann (2014) apontam duas vertentes para a Indústria 4.0, uma relacionada com as mudanças sociais, econômicas e políticas e a outra relacionada com o avanço tecnológico para a área industrial. Os autores apresentam em seu artigo o que consideram conceitos fundamentais para a Indústria 4.0, sendo: *SmartFactory*, *Cyber-physical Systems (CPS)*, *Self-organization*, *New systems in distribution and procurement*, *New systems in the development of products and services*, *Adaptation to human needs* e *Corporate Social Responsibility*.

Wollschlaeger, Sauter e Jasperneite (2017), por sua vez, além de citar os CPS, dizem que a Indústria 4.0 tem como itens importantes para observação a *Internet of Things (IoT)*, *Ethernet time-sensitive networking (TSN)* e a *fifth-generation (5G) telecom*.

Este conjunto de ferramentas e possibilidades têm apresentado diversos avanços não apenas na área industrial, mas também na área de serviços e especialmente aos serviços de saúde. Com este contexto, este artigo tem como objetivo investigar através de busca bibliográfica o que se tem discutido sobre a utilização dos CPS na área de Fisioterapia. Para tal, optou-se por busca dirigida em Bases de Dados a análise dos documentos retornados.

2. Breve Conceituação

2.1. Indústria 4.0

Como título do projeto do Governo Alemão que tem como objetivo ter alta-tecnologia agregada às suas indústrias, o termo Indústria 4.0 é também reconhecido como a Quarta Revolução Industrial. Um avanço da Terceira Revolução Industrial que trouxe o uso de ferramentas de tecnologia da informação e comunicação e permitiu a conexão global, a Indústria 4.0 apresenta como desafio a conexão entre aspectos físicos e a computação com transmissão de dados utilizando a conexão de redes e utilizando algoritmos e aprendizagem de máquina para criação de conhecimento.

São características da Indústria 4.0 o desenvolvimento em curtos períodos, a individualização da demanda, utilização de recursos naturais com maior eficiência, e alta flexibilidade (LASI *et al.*, 2014; OLIVEIRA 2017). A evolução da Internet para a chamada Internet das Coisas, o *Big Data* e *Cloud-Computing* são facilitadores para a evolução dos sistemas protagonistas da Indústria 4.0, como os *CPS*.

Para Santos, Alberto, Lima e Charrua-Santos (2018, p.115) “a Indústria 4.0 representa uma evolução natural dos sistemas industriais anteriores, desde a mecanização do trabalho ocorrida no século XVIII até a automação da produção nos dias atuais”. Não somente ligada a indústria, a Quarta Revolução Industrial é sistêmica e suas consequências se estendem aos setores sociais e econômicos da sociedade.

De modo geral, vários países além da Alemanha têm apresentado projetos e olhado com atenção para o seu futuro e a Indústria 4.0, como por exemplo, a China com o plano de desenvolvimento *Made in China 2015* e Portugal com ações direcionadoras ao avanço da indústria e digitalização das pequenas e médias empresas (Oliveira, 2017).

2.2. *Cyber-Physical Systems (CPS)*

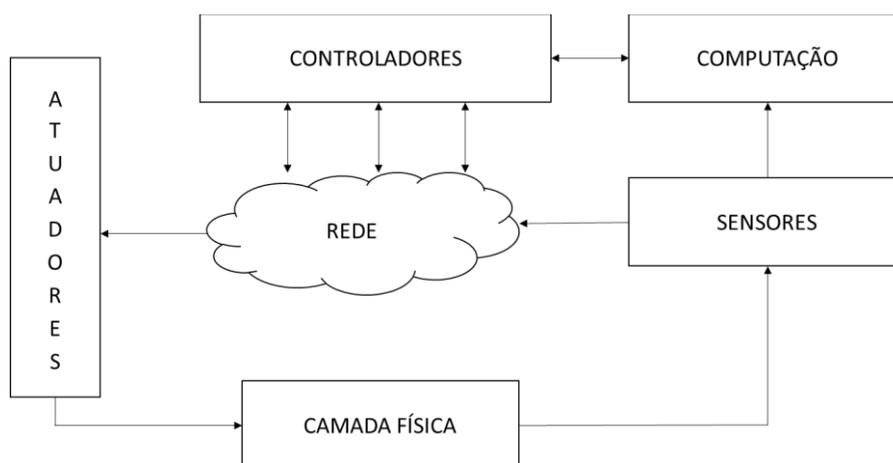
Considerado a evolução dos Sistemas Embarcados, os Sistemas Ciberfísicos (em inglês *Cyber-Physical Systems – CPS*) integram comunicação, processos físicos e computação. O *National Institute of Standards and Technology - NIST* (2017, p 1) diz que os *CPS* “combinam os mundos cibernético e físico com tecnologias que podem responder em tempo real a seus ambientes”, nestas tecnologias, dentre outras, está a Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things - IoT*).

Estudado e detalhado inicialmente por Wiener (1948) na disciplina de “cibernética”, o termo *Cyber-Physical Systems* foi utilizado inicialmente em 2006 por Helen Gill nos Estados Unidos da América (RAJKUMAR;LEE; SHA;STANKOVIC, 2010; WAN;ALAGAR, 2014). Para Oliveira (2017, p.24) os *CPS* são “unidades de controle, que controlam os sensores e acionadores necessários à interação com as estruturas físicas, com capacidade para processarem os dados obtidos”, sendo sistemas de trocam informações através de uma rede virtual.

Lee (2008) já destacava o potencial dos *CPS* no século XX, e de fato o que se vê é o avanço de tais sistemas em áreas de saúde assistida, sistemas de controle e conservação de energia, carros autônomos e controles de processo (NUNEZ;BORSATO, 2015). Corroborando, Leal Neto, Albuquerque, Souza, Cesse e Cruz (2017) destacam a importância do avanço dos sistemas de informação na área da saúde para a melhoria na qualidade da gestão com a utilização de dados confiáveis, e salientam a importância de mais avanços nessa área, com sistemas como os *CPS*.

Embora a estrutura dos *CPS* varie em decorrência da sua área de aplicação, uma estrutura mínima compartilhada entre qualquer *CPS* é definida e composta por atores, sensores, computação e rede (Figura 1).

Figura 1 – Arquitetura geral do CPS



Fonte: Wan e Alagar (2014, p. 213, tradução nossa)

Pisching, Tasca, Pessoa, Junqueira e Miyagi (2017) discutem sobre as arquiteturas de *CPS* e destacam a necessidade de mais estudos sobre o tema. Apresentam a Arquitetura mais

comumente utilizada para CPS, chamada de 5C (Figura 2), ela é estruturada em cinco camadas e “Ela faz uma descrição detalhada dos diversos serviços necessários para implementar esse tipo de sistema, sendo concebida como uma arquitetura orientada a serviços”.

Figura 2 – Arquitetura 5C para implementação do CPS



Fonte: Lee, Bagheri eKao (2015, p. 19, tradução nossa)

O avanço no desenvolvimento e utilização dos CPS possibilita a criação de conhecimento em grande escala, ao considerar que a todo instante dados estão sendo gerados pelos movimentos físicos e transmitidos pela conexão em rede para que algoritmos os processem e retornem informações importantes para o processo de tomada de decisão ágil e assertiva.

2.3. Fisioterapia e serviços de saúde

Enquanto Kotler (1998) define serviço como um ato, que não resulta em propriedade e pode estar vinculado - ou não - a um produto físico, Lovelock eWright (2005, p. 5), dizem que serviços “são atividades econômicas que criam valor e fornecem benefícios para clientes em tempos e lugares específicos, com decorrência da realização de uma mudança desejada no – em nome do – usuário do serviço”.

São características do serviço a intangibilidade, a não possibilidade de estocagem, a heterogeneidade e a necessidade da presença do cliente para que aconteçam. A matriz dos processos de serviço de Schmenner (1999) apresentada por Mandelli (2016, p. 53) mostra que os serviços relacionados a área da saúde são considerados com alto grau de customização e alto grau de intensidade de mão de obra.

Figura 3 – Matriz dos Processos de Serviço

| | | Grau de Interação e Customização | |
|------------------------------------|-------|---|--|
| | | Baixo | Alto |
| Grau de Intensidade de mão de obra | Baixo | <i>Indústria de Serviço</i> Companhias aéreas Transportes Hotéis Resorts e recreação | <i>Estabelecimentos de Serviço</i> Hospitais Mecânicos Outros serviços e manutenção |
| | Alto | <i>Serviços de Serviço</i> Varejista Atacadista Escolas Aspectos de varejo de bancos e comércio | <i>Serviços profissionais</i> Médicos Advogados Contadores Arquitetos Fisioterapeutas |

Fonte: Schmenner (1999 apud Mandelli, 2016, p.53)

Leal (2012) afirma que a área da saúde de destaca das demais áreas de serviço por sua complexidade em relação direta com a saúde humana, tendo como base princípios como qualidade, efetividade e aceitabilidade.

A Fisioterapia é um serviço prestado por Fisioterapeutas de forma a desenvolver, manter e restaurar o máximo de movimento e capacidade funcional ao longo da vida, segundo a Confederação Mundial de Fisioterapia (WCPT, 2018). No campo de saber da saúde, a Fisioterapia, possui seu campo de atuação, estudo e pesquisa no que diz respeito à prevenção, ao tratamento e à reabilitação para, assim, promover o bem-estar individual e coletivo do ser humano (MAGALHÃES; SOUSA, 2004; LEAL, 2014). Tratando a funcionalidade do paciente, o Fisioterapeuta amplia sua assistência ao olhar o paciente como ser bio-psico-social, pois ao buscar o bem-estar do ser humano, todos estes aspectos necessitam estar presentes, tanto aspectos individuais do bem-estar como no convívio social, coletivo (Mandelli, 2016).

A Fisioterapia envolve a interação entre o Fisioterapeuta (prestador de serviço), e paciente/cliente (receptor de serviço). Além do receptor do serviço, são atores envolvidos nos serviços prestados pelo Fisioterapeuta: familiares, cuidadores, outros profissionais da saúde e comunidade.

O avanço tecnológico, inovação e dispositivos inteligentes, são apresentados como a principal tendência disruptiva nos cuidados de saúde (Sliwa, 2015), o que possibilita resoluções para atuais desafios da prestação de serviço de fisioterapia, como, por exemplo, a continuidade do tratamento fisioterapêutico no domicílio (ELGAMAL;CHEN;NAHRSTEDT, 2016) e a possibilidade de aumentar o acesso da assistência fisioterapêutica a um maior número de pessoas, tanto em relação a aspectos geográficos quanto econômicos, focando sempre na qualidade de vida, funcionalidade e mobilidade do indivíduo.

3. Método de Pesquisa

A fim de atender ao objetivo proposto, realizou-se uma busca dirigida na base de dados Scopus e no Google Scholar, utilizando uma combinação de busca com os termos “*cyber physical systems*”, “*helthcare*” e “*physioterapy*”.

Figura 4 – Descrição de busca

| BASE DE DADOS | DESCRIÇÃO DE BUSCA |
|----------------|---|
| Scopus | (TITLE-ABS-KEY ("cyber-physical systems" OR "cyberphysical systems")) AND ("healthcare")) AND ("physiotherapy") |
| Google Scholar | "cyber-physical systems" OR "cyber physical systems" AND "healthcare" AND "physiotherapy" |

Fonte: Autores (2018)

O buscador Scopus retornou 3 documentos, enquanto o buscador Google Scholar retornou 34. A diferença de retorno dá-se pela possibilidade de filtro realizada no Scopus, restringindo o retorno a documentos que apresentem os termos no título, resumo e palavras-chave dos documentos. O Google Scholar retorna documentos que apresentem qualquer um dos termos descritos na busca e documentos que apresentem a combinação deles.

Com isso, realizou-se para os documentos retornados pelo Google Scholar a busca e leitura de todos, a fim de classificar para análise final aqueles que se adequassem ao objetivo deste estudo. Durante este processo, foram 26 documentos: por não estarem disponíveis (6 documentos), por tratar-se de agenda de congressos e currículos de autores e profissionais da

área (9 documentos), e por tratar de outros assuntos relacionados a CPS, mas não relacionados com a Fisioterapia (11 documentos).

Agrupando dos resultados encontrados na Scopus e no Google Scholar, observou-se a repetição de 3 documentos. Um deles repete-se aos documentos sem acesso, eliminados na análise dos documentos resultantes do Google Scholar, um deles repete-se entre os artigos selecionados para análise, e o outro não possui acesso livre.

Assim, a análise de conteúdo dar-se-á com os 8 documentos resultantes da busca no Google Scholar, apresentados na Figura 5.

Figura 5 – Documentos selecionados para análise

| TÍTULO | ANO | AUTOR (ES) |
|---|------|--|
| <i>A Research Agenda of Industry 4.0 from the Czech Perspective</i> | 2018 | Pavel Adámek |
| <i>Keynote: Smart Services for Unstructured Health-Care Environments</i> | 2017 | KlaraNahrstedt |
| <i>A Study of Correlations among Image Resolution, Reaction Time, and Extent of Motion in Remote Motor Interactions</i> | 2014 | ZoltánRusák, AdrieKooijman, Yu Song, JoukeVerlinden, and ImreHorváth |
| <i>Physical Relationship Description for Cyber-Physical Multi-modal Sensory Environments</i> | 2016 | Tarek Elgamal, Shannon Chen, Klara Nahrstedt |
| <i>Towards energy-aware cloud-oriented cyber-physical therapy system</i> | 2017 | M. Shamim Hossain Md. Abdur Rahman Ghulam Muhammad |
| <i>Statistical Challenges for Quality Assessment of Smart Medical Devices</i> | 2015 | Jan Sliwa |
| <i>A home-based rehabilitation system for deficient knee patients</i> | 2015 | SeungkookJun |
| <i>Sensor-Based Assessment of the Quality of Human Motion During Therapeutic Exercise</i> | 2012 | Portia E. Taylor |

Fonte: Autores (2018)

Verifica-se que as publicações datam entre os anos de 2012 a 2018, com recorrência apenas da autora Klara Nahrstedt. A análise de conteúdo dos documentos deu-se com a leitura do texto completo e a identificação da relação entre o CPS e a Fisioterapia apresentada por cada um.

4. Apresentação dos dados

Taylor (2012) apresenta, em seu trabalho de conclusão de curso de doutorado, um sistema com sensores para acompanhar o tratamento domiciliar de pacientes com problemas de osteoartrite nos joelhos, com o nome de *InForm Exercise System*. Conforme relata, o maior desafio para sistemas de assistência remota em saúde não está na tecnologia, haja vista que já em 2012 e cada vez mais as pessoas estão integradas a ela através de seus *smartphones* e outros itens, mas sim de conscientização e de incentivo em ações públicas e desenvolvimento de políticas: “Precisamos aumentar a conscientização de usuários, terapeutas, cuidadores, seguradoras, médicos e afins sobre os benefícios que a tecnologia pode proporcionar na reabilitação e fisioterapia” (TAYLOR, 2012, p.106).

Rusák, Kooijman, Song, Verlinden e Horváth (2014), em seu artigo *A Study of Correlations among Image Resolution, Reaction Time, and Extent of Motion in Remote Motor Interactions* estudam a qualidade da imagem e a relação com a reação dos pacientes em fisioterapia remota. Com vídeos gravados com resolução de VGA, HD e 4K, os autores mediram o tempo de reação dos pacientes com um sistema de rastreamento de movimento e uma câmera HD. Ao final, identificaram que o tempo de reação em vídeos de resolução 4K é significativamente menor do que nos outros tipos de vídeo.

Em seu trabalho final de doutorado, Jun (2015, p. iii) destaca que “procedimentos de reabilitação intensivos em mão-de-obra oferecem um campo de aplicação fértil para tecnologias robóticas e de automação, que é facilmente aplicável ao sistema de reabilitação domiciliar”. O autor teve como objetivo em seu estudo a criação, análise e validação de uma estrutura para medição quantitativa para o processo de reabilitação de pacientes com deficiências no joelho.

Sliwa (2015), por sua vez, alerta para a complexidade do uso de *CPS* na área da saúde. Alerta para a necessidade de mais estudos, reforçando o fato de que os seguros pagarão por este tipo de atendimento domiciliar apenas se comprovada a sua efetividade no tratamento proposto. Embora reconheça que utilizar sistemas de análise de *Big Data* contribui para análise quantitativa, diz que os principais problemas para este tipo de análise podem estar na diversidade encontrada nos mais diferentes contextos em que os pacientes estão inseridos. E termina propondo que o problema relacionado ao uso de *CPS* na área da saúde seja tratado de forma interdisciplinar.

Elgamal, Chen e Nahrstedt (2016) apresentam em seu artigo o método de Descrição de Representação Física (PRD) utilizado para representar a relação espacial entre fontes de fluxos multimídia em ambientes físicos. Como exemplo de aplicação, descrevem a necessidade do PRD no *CyPhy*.

O *CyPhy* é um sistema de tele-fisioterapia com o objetivo de levar a fisioterapia em áreas ou para pessoas que não tem acesso e utiliza tecnologia de imersão 3D transmitindo as imagens capturadas e permitindo o acompanhamento dos movimentos pelo Fisioterapeuta. Desenvolvido por Chien-Nan Chen e Zhenhuan Gao estudantes da Universidade de Illinois (USA), e por Klara Nahrstedt diretora do Coordinated Science Laboratory na Escola de Engenharia da Universidade de Illinois (ROBERTSON, 2015).

Nahrstedt (2016) em um resumo reforça a necessidade de atenção a ambientes para os quais atualmente não se dá a devida atenção, mas que tem impacto direto nos cuidados de saúde, sendo eles a casa do paciente, a sala de espera dos consultórios e o ambiente onde o incidente ocorreu. Ela destaca que a utilização de serviços multimodais nestes ambientes podem fornecer informações importantes na assistência à saúde, porém, este tipo de serviço enfrenta ainda barreiras, chamadas por ela de “desafios cibernéticos”.

Hossain, Rahman e Muhammad (2017) propõe em seu artigo um sistema de cyber-fisioterapia com eficiência energética que chamam de *T-CPS*. De acordo com os autores “O sistema *T-CPS* fornece uma integração mais rigorosa de componentes de software no mundo cibernético com a de entidades do mundo físico, como sensores de rastreamento de gestos em torno do ambiente de um paciente ou de um terapeuta e os próprios fatores humanos” (HOSSAIN; RAHMAN; MUHAMMAD, 2017, p.3). Pela utilização de *data centers* e nuvens no processamento do sistema, os autores consideram ser eficiente energeticamente, embora ainda necessitem de maiores estudos, com quantidade maior de pacientes para medir a eficiência real do processamento no ciberespaço.

Por fim, Adámek (2018) ao apresentar um relatório de revisão de estratégias para o desempenho digital nacional na República Tcheca, destaca que dentre diversas áreas, ferramentas para a fisioterapia devem ser consideradas na Indústria 4.0.

5. Discussão e considerações finais

Verifica-se a evolução dos estudos e desenvolvimento dos sistemas com sensores para a realização de terapias motoras a distância. Algo que inicialmente era pensado apenas para coleta de dados e estudos sobre a efetividade dos tratamentos realizados presencialmente, cada vez mais tornam-se realidade para uma Fisioterapia realizada a distância e com o fornecimento de uma quantidade elevada de dados que trazem informações para além da comprovação de efetividade dos tratamentos.

Os estudos aqui apresentados demonstram a evolução no sistema de sensores e na busca pela melhor forma de captura de imagens e interação do paciente com o sistema. De modo mais específico, temos Taylor (2012) e Jun (2015) que focam em sistemas para tratamento de Fisioterapia ligados a joelho, enquanto Elgamal, Chen e Nahrstedt (2016) e Hossain, Rahman e Muhammad (2017) apresentam sistemas para a Fisioterapia sem destacar uma especialidade.

Sliwa (2015) reconhece a complexidade em utilizar sistemas cibernéticos para tratamento de saúde, especialmente pelo desconhecimento do contexto no qual o paciente está inserido e destacamos aqui o fato de que o serviço tem como sua principal característica a interação com o cliente, o que torna cada atendimento único. Nahrstedt (2016) dá destaque as barreiras cibernéticas que podem ser enfrentadas para que sistemas de tele-fisioterapia sejam utilizados, e Adámek (2018) aponta os sistemas de tele-fisioterapia como ponto importante de observação e desenvolvimento no avanço da Indústria 4.0.

O reconhecimento de padrões em serviços intensivos em conhecimento tem permitido o desenvolvimento de algoritmos e a aprendizagem de máquinas elevando o patamar de desenvolvimento de sistemas. O *IBM Watson* tem provado esta possibilidade. Áreas tradicionais como Medicina e Direito já percebem que seus serviços intensivos em conhecimento podem ser realizados por máquinas, algo inimaginável até pouco tempo atrás, quando a sociedade passava da evolução da máquina a carvão para a energia elétrica.

Como pode-se ver neste estudo, a Fisioterapia já apresenta sinais de evolução para a Indústria 4.0, com seu serviço podendo ser oferecido a distância. Observa-se a utilização de *CPS* de fato para o tratamento fisioterapêutico, realidade que tende a evoluir, possibilitando ou não o acesso a tratamentos específicos.

Ao ser apresentada a definição de Fisioterapia como sendo um serviço prestado pelo Fisioterapeuta, e relacionando com característica de serviço que seria a interação com o paciente, podemos estar diante de avanços terapêuticos por poucos imaginados,

audaciosamente provocando a reflexão do papel do Fisioterapeuta neste processo e neste ambiente tecnológico. Assim como a abrangência da assistência fisioterapêutica em vários níveis.

Autores como Marie Wetsby, Alexandria Klemm, Linda Li e Allyson Jones (2016), corroborando com as preocupações de Sliwa (2015) relatam que a fisioterapia deve passar de um cuidado baseado na quantidade ou de um modelo de atendimento aos cuidados assistenciais, para uma apresentação de resultados fisioterapêuticos claramente apresentados, sendo cada vez mais comum que os pagadores públicos e privados exijam medida de eficácia antes de aprovar o tratamento ou o pagamento, sendo um ponto de que o avanço tecnológico pode responder.

Oliveira (2017) diz que “alguns avanços tecnológicos são tão revolucionários, ou têm um impacto tão significativo em algumas áreas fundamentais da economia, que originam sistemas tecnológicos completamente inovadores, com capacidade transformativas nas condições estruturais vigentes da sociedade”, e com isto, ficam os questionamentos: qual será o futuro do profissional de Fisioterapia? O quanto estes sistemas ainda precisam avançar em tecnologia e eficiência energética para acessibilidade de todos? Quais mudanças precisam ocorrer no ensino da Fisioterapia para preparar os profissionais para este novo cenário?

7. Agradecimentos

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ADÁMEK, P. A research Agenda of Industry 4.0 from the Czech Perspective. In *Digital Transformation in Smart Manufacturing* (p. 21–40). 2018. <https://doi.org/10.5772/intechopen.71798>
- ELGAMAL, T., CHEN, S., NAHRSTEDT, K. (2016). Physical Relationship Description for cyber-physical multi-modal sensory environments. *Proceedings - 2016 IEEE International Symposium on Multimedia, ISM*, 2016. P. 158–162. <https://doi.org/10.1109/ISM.2016.19>
- HOSSAIN, M. S., RAHMAN, M. A., MUHAMMAD, G. Towards energy-aware cloud-oriented cyber-physical therapy system. *Future Generation Computer Systems*, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.08.045>
- JUN, S. *A home-based rehabilitation system for deficient knee patients*. University at Buffalo, 2015.

Kotler, P. *Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle*. São Paulo: Atlas, 1998.

LASI, H., FETTKE, P., KEMPER, H. G., FELD, T., HOFFMANN, M. Industry 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, 6(4), 2014, p.239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>

LEAL, A.A. *Proposta de um modelo para avaliação da qualidade no setor de saúde suplementar com a integração do QFD e do SERVQUAL*.(Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, 2014.

LEAL NETO, O. B., ALBUQUERQUE, J., SOUZA, W. V., CESSÉ, E., & CRUZ, O. G. Inovações disruptivas e as transformações da saúde pública na era digital. *Cadernos de Saúde Pública*, 33(11), 2017. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00005717>

LEE, E. A. Cyber Physical Systems: Design Challenges. 2008 11th IEEE *International Symposium on Object and Component-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC)*,2008, p. 363–369. <https://doi.org/10.1109/ISORC.2008.25>

LEE, J., BAGHERI, B., KAO, H. A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 2015, p. 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>

LOVELOCK, C., WRIGHT, L. *Serviços: marketing e gestão*. São Paulo: Saraiva, 2005.

MAGALHÃES, M.S., SOUSA, F.J.P. *Avaliação da assistência fisioterapêutica sob a óptica do usuário*. Fortaleza, Fisioterapia Brasil, 2004.

MANDELLI, P. G. B. *Modelo construtivista para avaliação da qualidade em serviços de Fisioterapia pela perspectiva do gestor*.Universidade do Estado de Santa Catarina, 2016.

NAHRSTEDT, K. Keynote: *Smart Services for Unstructured Health-Care Environments*, 2016.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY -NIST. *Cyber Physical Systems Program*, 2018. Disponível em: <https://www.nist.gov/programs-projects/cyber-physical-systems-program>, Acesso em 11 maio 2018.

NUNEZ, D. L., BORSATO, M. Panorama atual dos sistemas ciber-físicos no contexto da manufatura. In *10º Congresso Brasileiro de Gestão da Inovação e Desenvolvimento de Produtos*, 2015, p. 1–14.

OLIVEIRA, I. R. De. *Indústria 4.0: um novo paradigma técnico- económico?*, 2017.Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/111202/2/256922.pdf>

PISCHING, M., TASCA, A., PESSOA, M., JUNQUEIRA, F., MIYAGI, P. Arquitetura Para Desenvolvimento De Sistemas Ciber-Físicos Aplicados Na Indústria 4.0. *XIII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente*, 2017, p. 326–331.

RAJKUMAR, R. (Raj), LEE, I., SHA, L., STANKOVIC, J. Cyber-physical systems: The Next Computing Revolution. *Proceedings of the 47th Design Automation Conference on - DAC '10*, 2010, p. 731–736. <https://doi.org/10.1145/1837274.1837461>

ROBERTSON, D. *New CyPhy software employs 3D immersion technology for advanced telemedicine*. Coordinated Science Lab, 2015. Disponível em: <https://csl.illinois.edu/news/new-cyphy-software-employs-3d-immersion-technology-advanced-telemedicine>. Acesso em 11 maio 2018.

RUSÁK, Z., KOOIJMAN, A., SONG, Y., VERLINDEN, J., HORVÁTH, I. A study of correlations among image resolution, reaction time, and extent of motion in remote motor interactions. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/463179>

SANTOS, B. P., ALBERTO, A., LIMA, T. D. F. M., CHARRUA-SANTOS, F. M. B. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. *Revista Produção e Desenvolvimento*, 4(1), 2018, p. 111–124.

SLIWA, J. Statistical Challenges for Quality Assessment of Smart Medical Devices. *Proceedings - 2015 10th International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing, 3PGCIC 2015*, p. 380–385. <https://doi.org/10.1109/3PGCIC.2015.96>

TAYLOR, P. E.. *Sensor-Based Assessment of the Quality of Human Motion During Therapeutic Exercise*. Carnegie Mellon University, 2012.

WAN, K., ALAGAR, V. Context-aware security solutions for cyber-physical systems. *Mobile Networks and Applications*, 19(2), 2014, p. 212–226. <https://doi.org/10.1007/s11036-014-0495-x>

Westby, M.D., KLEMM, A., Li, L.C., JONES, A. Emerging Role of Quality Indicators in Physical Therapist Practice and Health Service Delivery. *Therapy Journal of American Physical Therapy Association*, 2016

WOLLSCHLAEGER, M., SAUTER, T., JASPERNEITE, J. The future of industrial Communication. *Industrial Electronics Magazine*, 2017, p. 17–27. <https://doi.org/10.1021/ie50124a022>

WORLD CONFEDERATION FOR PHYSICAL THERAPY - WCPT. *What is Physical Therapy?*, 2016. Disponível em: <https://www.wcpt.org/what-is-physical-therapy>. Acesso em 11 maio 2018.