

O futuro de Soft Robotics: uma revisão bibliográfica**The future of Soft Robotics: a bibliographic review**

DOI:10.34117/bjdv6n7-224

Recebimento dos originais: 03/06/2020

Aceitação para publicação: 10/07/2020

Paulo Roberto Carvalho dos Santos

Acadêmico do curso de Engenharia de Controle e Automação

Instituição: Instituto Federal do Mato Grosso – Campus Cuiabá Cel. Octayde Jorge da Silva

Endereço: Rua Profa. Zulmira Canavarros, 95 - CEP: 78005-200

E-mail: paulorobcss@gmail.com

Guilherme Henrique Alves da Silva

Acadêmico do curso de Engenharia de Controle e Automação

Instituição: Instituto Federal do Mato Grosso – Campus Cuiabá Cel. Octayde Jorge da Silva

Endereço: Rua Profa. Zulmira Canavarros, 95 - CEP: 78005-200

E-mail: guilhermehenriquee9@gmail.com

Juliana Saragiotto Silva

Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo

Instituição: Instituto Federal do Mato Grosso – Campus Cuiabá Cel. Octayde Jorge da Silva

Endereço: Rua Profa. Zulmira Canavarros, 95 - CEP: 78005-200

E-mail: juliana.silva@cba.ifmt.edu.br

ABSTRACT

This study seeks to explain a new theme that has a potential of great impact in the future. Soft robots are robots that, because they are soft and not limited by their axes, can go beyond how rigid robots work. The objective of this study is to present a review of the literature on soft robots. The literature shows little research on these robots, presenting difficulties mainly in the research of sensors and materials to be used in their construction. Despite the difficulties, the increase of research with this approach will have great impacts, mainly in the medical area.

Keywords: Soft Robots, Robotics and healthcare.

RESUMO

Este estudo busca explicar um tema novo que possui um potencial de grande impacto no futuro. Os soft robots são robôs que, pelo fato de serem moles e não serem limitados pelos seus eixos, podem ir além de como os robôs rígidos funcionam. O objetivo deste estudo é apresentar uma revisão da literatura sobre os soft robots. A literatura mostra pouca pesquisa sobre esses robôs, apresentando dificuldades principalmente na pesquisa dos sensores e materiais a serem utilizados em sua construção. Apesar das dificuldades, o aumento das pesquisas com esse enfoque trará grandes impactos, principalmente na área médica.

Palavras-chave: Soft Robots, Robótica e healthcare.

1 INTRODUÇÃO

Ao se ouvir o termo robótica, a imagem mental provável em geral é de equipamentos com estruturas rígidas, que são os robôs duros, os quais possuem movimentação através de eixos. A robótica mole, ou *soft robotics*, busca a semelhança de movimentação dos animais, e por isso, possui a mesma capacidade de força de um robô rígido, mas com flexibilidade semelhante à de um polvo. Com a possibilidade de deformação do corpo dos robôs moles [LASCHI et al. 2016], obtém-se melhor interação entre a máquina e o ambiente [LASCHI e CIANCHETTI 2014], maior segurança para a interação com humanos e a possibilidade de, teoricamente, infinitos graus de liberdade (eixos para a movimentação) [POLYGERINOS et. al. 2017].

Referindo-se a esses robôs, o termo “mole” pode ser relacionado, principalmente, com a textura, o fato de serem compostos de materiais deformáveis, elásticos ou ambos e de possuírem uma sensação familiar, quase natural ao comparar o toque humano em um dos robôs com o animal usado como base para seu desenvolvimento [LASCHI e CIANCHETTI 2014]. Os *soft robots* possuem um futuro promissor na área médica, principalmente em diagnósticos, aplicação de medicamentos e cirurgia. Para essas aplicações na área médica, os robôs funcionariam através de um procedimento minimamente invasivo, cirurgia que causa o mínimo de dano possível na incisão dos procedimentos cirúrgicos, os quais realizariam diagnósticos e a aplicação de medicamentos ao serem teleguiados pelos operadores. Nas cirurgias, os robôs moles podem entrar em pequenas aberturas e possuem uma rigidez próxima ao tecido humano, mantendo o corpo humano o mais próximo possível de sua integridade; os robôs moles também têm facilidade de mudar seu tamanho e separar os módulos que formam o robô, além de serem biocompatíveis e descartáveis [BANERJEE et al. 2018]. O robô Da Vinci (Fig. 1), que é um robô de estrutura rígida, possui um console, de onde o operador faz a cirurgia, e um carrinho cirúrgico (*surgical arm cart*), parte que é composta pelos dois braços robóticos que possuem os instrumentos cirúrgicos e um braço robótico para guiar o endoscópio [BODNER et al. 2004]. Esse robô é utilizado para realizar cirurgias minimamente invasivas há mais de uma década. Apesar de ter muitos benefícios, ele tem alguns problemas, como a ausência da noção da quantidade de força aplicada e ferramentas muito grandes para algumas operações. Por mais que a redução da força e do tamanho dessas ferramentas ainda seja um desafio, os *soft robots* oferecem um futuro promissor nessa área através do controle remoto de garras compostas de um material mole e flexível [ONGARO et al. 2016].

Diante deste contexto, o objetivo deste artigo é apresentar uma revisão da literatura sobre os *soft robots*.

Este artigo está estruturado no seguinte formato pois tem o propósito de situar e o leitor no assunto e possui, além da introdução, mais quatro sessões descritivas. Na 2ª seção está material e métodos, que explana como o trabalho foi organizado, as ferramentas de pesquisa utilizadas e quais foram os critérios para a inclusão dos artigos usados como referência. Na 3ª seção há os conceitos básicos, que são a base necessária para entender o motivo de os resultados serem os citados. Na 4ª seção estão apresentados os resultados da pesquisa e a discussão desses resultados. Na 5ª seção foi feita uma análise do que foi citado anteriormente, mostrando o que foi concluído a respeito dessa pesquisa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa consiste de perfil exploratório e bibliográfico, reunindo informações dos artigos selecionados com o objetivo de fornecer uma visão geral desse tema recente, apresentando as possibilidades que podem ser alcançadas partindo do avanço da pesquisa dos robôs moles.

O desenvolvimento desta revisão bibliográfica compreendeu as seguintes etapas: (i) busca e seleção dos artigos; (ii) compreensão das principais ideias dos artigos; (iii) comparação das ideias dos artigos selecionados; (iv) pesquisa de aplicações na atualidade; e (v) proposta de desenvolvimento de futuras pesquisas.

Na etapa (i) foram procurados e analisados vários artigos. Na etapa (ii) foi feita a leitura procurando entender as ideias propostas pelos autores. Na etapa (iii) houve a comparação das ideias apresentadas com o objetivo de analisar as diferenças entre as mesmas. Na etapa (iv) foram pesquisadas as principais aplicações dos *soft robots* que estão sendo desenvolvidas. Na etapa (v) há a perspectiva de o tema analisado continuar a ser estudado futuramente.

Para a realização desta revisão bibliográfica foram utilizadas como apoio as ferramentas de busca *Google Acadêmico* e *ResearchGate*, a partir das seguintes palavras-chave: “*Soft Robotics*”; “*Robótica*” e “*Healthcare*”. O mapeamento dos trabalhos baseou-se em artigos publicados entre os anos de 1981 e 2018. Os artigos mais antigos forneceram bases para termos mais clássicos, como “*robótica*”.

Os critérios para a inclusão dos artigos compreenderam a presença da explicação mais profunda sobre o funcionamento dos robôs e a apresentação mais ampla da aplicação dos robôs na área médica. Também foram incluídos artigos que explicaram pesquisas dos tipos de materiais utilizados na elaboração dos robôs.

Foram encontrados inicialmente 62 resumos, foram excluídos os resumos que não continham informações pertinentes ao tema, foram selecionados no total 17 artigos completos que foram lidos na íntegra e os resultados estão a seguir:

3 CONCEITOS BÁSICOS

A seguir serão explanados alguns conceitos necessários para melhor compreensão do tema “*soft robotics*”.

3.1 ROBÓTICA

A robótica envolve um universo amplo de tipo de robôs, tornando difícil existir apenas uma definição. De acordo com Mckerrow [1986]

Robótica é a disciplina que envolve: a) o projeto, construção, controle e programação de robôs; b) o uso de robôs para resolver problemas; c) o estudo dos processos de controle, sensores, e algoritmos usados em humanos animais e máquinas, e; d) a aplicação destes processos de controle e destes algoritmos para o projeto de robôs.

Enquanto, de acordo com Groover [1989], “(...) a robótica é uma ciência da engenharia aplicada que é tida como uma combinação da tecnologia de máquinas operatrizes e ciência da computação”.

Contudo, para melhor compreensão do conceito de robótica, deve-se primeiro se compreender o significado do termo robô. O termo vem do tcheco *robota* e significa trabalho escravo ou forçado. Segundo o Dicionário Webster, robô é um “dispositivo automático que executa funções normalmente atribuídas a humanos ou uma máquina com forma de um humano”. Para Mckerrow [1986], “um robô é uma máquina que pode ser programada para fazer uma variedade de tarefas, do mesmo modo que um computador é um circuito eletrônico que pode ser programado para fazer uma variedade de tarefas”. A definição considerada mais pertinente é a da ISO 8373:2012 (2012), que “define termos usados em relação aos robôs e aparelhos robóticos operando em ambos ambientes industriais e não industriais”, na qual o robô é classificado como um “manipulador multipropósito controlado automaticamente, reprogramável, programável em três ou mais eixos, que pode ser fixo no lugar ou móvel, de uso em aplicações industriais”. Os eixos citados na definição anterior determinam a movimentação dos robôs e são conhecidos como graus de liberdade.

Além disso, é importante mencionar que, segundo Isaac Asimov [p. 48 1950], existem três leis que regem a robótica:

1ª Lei: Um robô não pode maltratar um ser humano, ou pela sua passividade deixar que um ser humano seja maltratado.

2ª Lei: Um robô deve obedecer às ordens dadas por um ser humano, exceto se entrar em conflito com a 1ª lei.

3ª Lei: Um robô deve proteger a sua própria existência desde que essa proteção não entre em conflito com a 1ª ou 2ª lei.

Essas leis se aplicam ainda hoje aos robôs industriais e aos outros existentes. No entanto, os robôs, após a progressiva evolução tecnológica, já não são mais apenas usados na indústria na forma de braços robóticos. Foram desenvolvidas várias aplicações, com diferentes formatos e objetivos - algumas delas serão descritas no decorrer do trabalho.

3.2 APLICAÇÕES DA ROBÓTICA

Antes de apresentar as aplicações de um robô no cotidiano, é interessante saber como é a classificação dos robôs. De acordo com a Associação Japonesa de Robôs Industriais (JIRA), os robôs são divididos nas seguintes classes:

Classe 1: *dispositivo de manuseio manual*, um dispositivo com vários graus de liberdade atuado pelo operador.

Classe 2: *robô de sequência fixa*, dispositivo de manipulação que realiza os estágios sucessivos de uma tarefa de acordo com um determinado método imutável, que é difícil de modificar.

Classe 3: *robô de sequência variável*, o mesmo tipo de dispositivo de manipulação da classe 2, mas os estágios são facilmente modificáveis.

Classe 4: *robô de reprodução*, o operador humano realiza a tarefa manualmente liderando ou controlando o robô, que grava as trajetórias. Essa informação é recordada quando necessária, e o robô pode realizar a tarefa em modo automático.

Classe 5: *robô de controle numérico*, o operador humano supre o robô com um movimento programado ao invés de ensinar a tarefa manualmente.

Classe 6: *robô inteligente*, um robô com meios de entender seu ambiente, e a habilidade de completar uma tarefa com sucesso apesar das mudanças das condições a sua volta sobre as quais é para ser realizada.

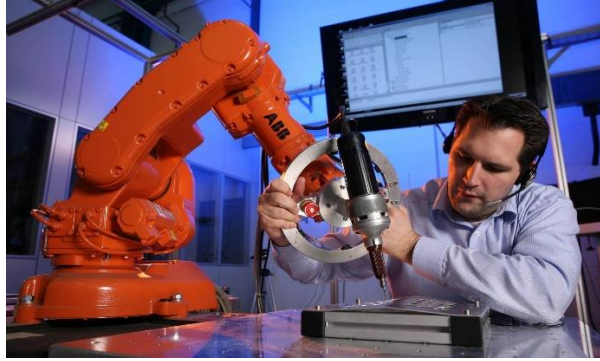
Como um exemplo da classe 1, temos o robô Da Vinci (Fig. 1), citado anteriormente.

Figura 1. Robô Da Vinci [GOMEZ 2013]



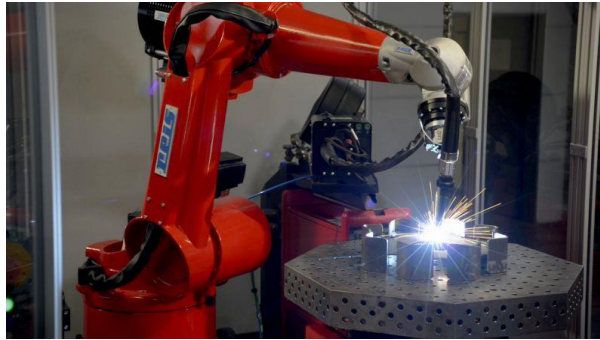
Na classe 2, pode-se usar o robô SME (Fig. 2), que é um tipo de robô montado para facilitar processos de montagem juntamente com um humano, no qual o robô busca os componentes e põe esses componentes a uma distância mais próxima da pessoa que está fazendo a montagem do produto [BISCHOFF et al. 2010].

Figura 2. Robô SME [SPARC 2014]



Para a classe 3, um exemplo é o robô ABB IRB 1400, que possui 6 graus de liberdade, simulando o movimento do braço humano utilizado em linhas de produção na soldagem a arco (Fig. 3) e manuseamento de material.

Figura 3. Robô realizando soldagem a arco [SPARC 2014]



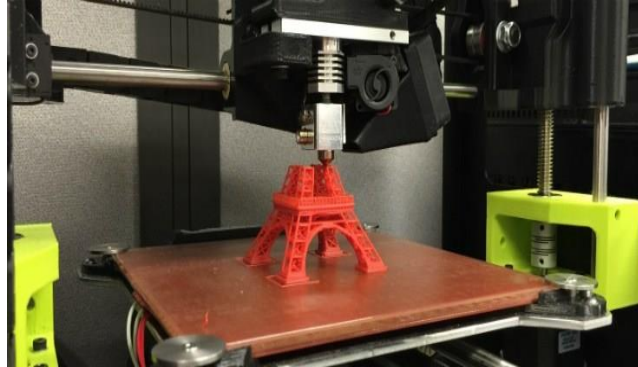
Na classe 4, o robô da Toyota T-HR3 (Fig. 4) imita os movimentos que o humano grava nele a partir da sua própria movimentação, utilizado para oferecer assistência aos humanos em casa, em instalações médicas, em áreas que ocorreram desastres etc.

Figura 4. Robô Toyota THR-3 [DENT 2018]



Os robôs da classe 5, chamados de robôs de Controle Numérico Computadorizado (CNC), fazem seus movimentos partindo de um comando numérico prévio - um exemplo desses robôs é uma impressora 3D (Fig. 5), que é usada para fazer protótipos na área da pesquisa, além de muitas outras aplicações.

Figura 5. Impressora Mark One [WEBMASTER 2018]



Na classe 6, temos-se os robôs que apagam fogo e procuram vítimas nos incêndios, como o robô Thermite 3.0 (Fig. 6) [LIU et al. 2016].

Figura 6. Robô Thermite 3.0 [SZONDY 2012]



3.3 SOFT ROBOTICS

Os *soft robots*, ou robôs moles, compõe uma área que tem sido muito pesquisada recentemente. Essa busca para a área evoluir se deve ao fato de esses robôs possuírem, além de várias aplicações médicas, como na reabilitação de membros (mãos, pés, braços e pernas) e a possibilidade de novos instrumentos cirúrgicos [POLYGERINOS et al. 2017], além de aplicações como operações de busca em destroços e inspeção de encanamentos [MAJIDI 2013].

Os materiais usados para construir esses robôs são, em sua maioria, materiais flexíveis, que podem ser moldados de acordo com o membro ou órgão necessário. O principal motivo de serem utilizados materiais assim é a existência de maior segurança na interação dos robôs com o ambiente e com os humanos [LASCHI e CIANCHETTI, 2014], [POLYGERINOS et al. 2017]. Esses materiais

podem ser ligas metálicas com memória de forma (*shape memory alloys*, SMAs), polímeros com memória de forma (*shape memory polymers*, SMPs) ou polímeros eletroativos (*electroactive polymers*, EAPs). Os SMAs são ligas metálicas que têm memória de sua forma inicial, e essas ligas possuem um limite de deformação, mas voltam ao formato inicial ao serem eletricamente estimulados [LASCHI et. al. 2016]. Os SMPs são polímeros que também conservam memória de sua forma inicial, mas diferentemente dos SMAs, podem ser estimulados através de calor, luz, irradiação, aplicação de campos elétricos e campos magnéticos alternados ou por imersão em água. Ao comparar SMAs e SMPs, a vantagem do uso de SMPs está na deformação nos SMPs que pode ser maior e na recuperação da forma inicial dos mesmos, que ocorre mais rapidamente [BEHL e LENDLEIN 2007]. Os EAPs são polímeros que reagem a estímulos elétricos. A reação desses materiais aos estímulos de milissegundos e alta densidade de energia (relação entre quantidade de energia contida em um espaço e volume ou massa) [KIM e TADOKORO 2007] faz com que sejam mais eficientes para os *soft robots*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das informações adquiridas durante essa revisão bibliográfica, pode-se notar que o desenvolvimento de robôs moles beneficiará grandemente a área médica, além de áreas como resgates em destroços. A vantagem do uso desses robôs em comparação aos robôs rígidos está na possibilidade de uma movimentação mais fluida e com menor impacto no ambiente ao seu redor, proporcionando melhor segurança para a interação humana com os robôs.

Algumas dificuldades são encontradas quando se aborda o assunto de quais os materiais e tecnologias necessárias para fazer um *soft robot*. De forma geral, a grande dificuldade na construção de robôs inteiramente moles é a complexidade de gerar força e torque de forma precisa por meio da pressão que o robô pode aplicar, e conseguir sensores que sejam moles como os robôs para determinar os parâmetros físicos e também o controle desses robôs [LIDA e LASCHI 2011]. Para a movimentação e aplicação da pressão pelo robô, são encontradas dificuldades ao analisar qual o melhor fluido a ser utilizado em cada caso. Se o fluido for um líquido, gera grandes forças, mas tem maior peso, maior viscosidade e sua energia a ser usada é reduzida quando forçado em passagens apertadas de acesso. Caso o fluido seja um gás, ele será mais leve e terá menor viscosidade, mas é mais compressível e exige sensores mais acurados. Se for um gás combustível, há uma atuação mais rápida, mas o material do robô terá duração menor. Para os sensores, as dificuldades se concentram no fato de eles precisarem ser compatíveis com o robô para não restringir nem modificar as propriedades do robô, além de serem resilientes e extensíveis para que seja possível a execução dos

movimentos necessários. Também é preciso que não possuam algo que aja como um concentrador de estresse e cause danos aos próprios robôs [POLYGERINOS et al. 2017].

Existem algumas vantagens dos robôs moles em relação aos robôs rígidos. Por exemplo, de ambos os tipos de robôs podem ser criados aparelhos de reabilitação, no entanto, os aparelhos de robôs moles são mais baratos, menos complexos e mais seguros [POLYGERINOS et al. 2017]. Graças ao fato de os robôs moles não terem eixos fixos, possuem vários graus de liberdade a mais do que os rígidos. Outra vantagem dos robôs moles é a maior facilidade de se adaptar ao ambiente e, mesmo tendo que fazer essa adaptação, ainda poder manipular objetos [RUS e TOLLEY 2015].

5 CONCLUSÃO

Esta revisão apresentou como os *soft robots* são algo que possuirá um impacto importante no futuro, quando estiver melhor desenvolvido e sendo aplicado. As possíveis aplicações na reabilitação de movimentos em humanos e em cirurgias médicas são, inicialmente, as vistas como mais promissoras. Visto que o objetivo da revisão foi mostrar os robôs moles de maneira generalizada, observando seus princípios de funcionamento e os materiais que os fabricam, entende-se que foi alcançado através do que foi apresentado.

Uma das dificuldades encontradas durante a elaboração desta pesquisa, foi a de encontrar artigos mais específicos dentro do tema, como os tipos de robôs moles que estão sendo pesquisados. Há algumas pesquisas nessa área, mas várias são dos mesmos autores, o que torna uma dificuldade ter a visão multifacetada do assunto, e evidencia a importância de mais estudos na área.

Há a intenção de, futuramente, elaborar mais estudos nessa área, com o intuito de montar um robô mole. A ideia inicial é que a partir desta revisão possa se desenvolver uma estrutura semelhante a um braço robótico, movimentado por líquido.

REFERÊNCIAS

Laschi, C. e Cianchetti, M. (2014) “Soft robotics: new perspectives for robot bodyware and control”, Em: *frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, p. 1-5, janeiro.

Laschi, C., Mazzolai, B. e Cianchetti, M. (2016) “Soft robotics: Technologies and systems pushing the boundaries of robot abilities”, Em: *Science Robotics*, v. 1, n. 1, p. 1-11, dezembro.

Polygerinos, P., Correll, N., Morin, S. A., Modasegh, B., Onal, C. D., Petersen, K., Cianchetti, M., Tolley, M. T. e Shepherd, R. F. (2017) “Soft Robotics: Review of Fluid-Driven Intrinsically Soft Devices; Manufacturing, Sensing, Control, and Applications in Human-Robot Interaction”, Em: *Advanced Engineering Materials*, v. 19, n. 12, p. 1-22, dezembro.

- Banerjee, H., Tse, Z. T. H. e Ren, H. (2018) “Soft robotics with compliance and adaptation for biomedical applications and forthcoming challenges”, Em: *International Journal of Robotics and Automation*, v. 33, n. 1, p. 69-80, janeiro.
- Mckerrow, P. J. (1986) “Robotics, na Academic Discipline?”, Em: *Robotics*, v. 2, n. 3, p. 267-274, setembro.
- Groover, M. P., Weiss, M., Nagel, R. N. e Odrey, N. G. (1989) “Robótica: tecnologia e programação” São Paulo, ed. 1, p. 401.
- Bodner, J., Wykypiel, H., Wetscher, G. e Schmid, T. (2004) “First experiences with the da Vinci™ operating robot in thoracic surgery”, Em: *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, v. 25, n. 5, p. 844-851, maio.
- Bischoff, R., Kurth, J., Schreiber, G., Koeppe, R., Albu-Schäeffler, A., Beyer, A., Eiberger, O., Haddadin, S., Stemmer, A., Grunwald, G. e Hirzinger, G. (2010) “The KUKA-DLR Lightweight Robot arm - A new reference platform for robotics research and manufacturing”, Em: *ISR 2010 (41st International Symposium on Robotics)*, janeiro.
- Liu, P., Yu, H., Cang, S. e Vladareanu, L. (2016) “Robot-Assisted Smart Firefighting and Interdisciplinary Perspectives”, Em: *22nd International Conference on Automation and Computing*, University of Essex, Colchester, UK, 7-8 de setembro.
- Behl, M.; Lendlein, A. (2007) “Shape-memory polymers”, Em: *Materials Today*, v. 10, n. 4, p. 20-28, abril.
- Ongaro, F., Pacchierotti, C., Yoon, C., Prattichizzo, D., Gracias, D. H., Misra, S. (2016), “Evaluation of an electromagnetic system with haptic feedback for control of untethered, soft grippers affected by disturbances”, Em: *6th IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechanics*, Cingapura, 26-29 de junho.
- Kim, K. J., Tadokoro, S. (2007) “Electroactive Polymers for Robotic Applications – Artificial Muscles and Sensors”, Londres.
- Lida, F., Laschi, C. (2011) “Soft Robotics: Challenges and Perspectives”, Em: *Procedia Computer Science*, v. 7, p. 99-102.
- Rus, D. e Tolley, M. T. (2015) “Design, Fabrication and Control of Soft Robots”, Em: *Nature*, v. 521, no. 7553, p. 467–475, maio.
- Majidi, C. (2013) “Soft Robotics: A Perspective – Current Trends and Prospects for the Future”, Em: *Soft Robotics*, v. 1, n. 1.
- Gomez, S. (2013) “The da Vinci Robot Expert Witness: A Litigation Guide”. Disponível em: <<https://www.theexpertinstitute.com/the-da-vinci-robot-expert-witness-a-litigation-guide/>>. Acesso em 09/06/2019.
- SPARC (2014) “From ‘SMERobot’ to ‘SMERobotics’: Robots for SME Manufacturing”. Disponível em: <<https://eu-robotics.net/sparc/success-stories/from-smerobot-to-smerobotics-robots-for-sme-manufacturing.html?changelang=2>>. Acesso em: 09/06/2019.

Dent, S. (2018) “Toyota untethers its T-HR3 humanoid robot thanks to 5G”. Disponível em: <https://www.engadget.com/2018/11/30/toyota-5g-remote-control-thr3-robot/?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLnNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAABG4So_xeQ87Cd9r9NAFt1AodSxfvxC5i2G2zVuStGvw2WsazsAb8U6qKjBMSfjAUj8rkb3TX4fEDvQIgQd13ddFuMWwqUNf8QhB9o3QQbAhvDdweNBWZ9EAheGs7ZngCiB__7Oem8LN-vvH4Rfs-dy5te1qKeIDP9zb4jQrbXsn>. Acesso em: 09/06/2019.

Webmaster (2018) “Mark One: a impressora 3D que trabalha com fibra de carbono”. Disponível em: <<http://scompositos.com.br/site/2018/05/17/mark-one-a-impressora-3d-que-trabalha-com-fibra-de-carbono/>>. Acesso em: 09/06/2019.

Szondy, D. “Thermite fire-fighting robot removes firefighters from harm’s way”. Disponível em: <<https://newatlas.com/thermite-robot/24445/>>. Acesso em: 09/06/2019.