

NANOTECNOLOGIA E SUA INFLUÊNCIA NA EVOLUÇÃO DA MEDICINA***NANOTECHNOLOGY AND ITS INFLUENCE ON THE EVOLUTION OF MEDICINE***

Thamily de Paula Silva – than.paula@gmail.com
Faculdade de Tecnologia (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

Giuliano Scombatti Pinto – giuliano.pinto@fatectq.edu.br
Faculdade de Tecnologia (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

DOI: 10.31510/infa.v17i2.982

Data de publicação: 18/12/2020

RESUMO

A aplicação de uma tecnologia emergente chamada nanotecnologia vem sendo fortemente desenvolvida em diversos campos do conhecimento humano. O foco deste estudo é evidenciar sua utilização em parceria com um destes campos, a medicina, demonstrando que, tecnologia e sociedade sempre evoluem em constante parceria. O presente artigo foi baseado em pesquisa bibliográfica, propondo a compreensão do conceito de nanotecnologia, evidenciando sua origem, desenvolvimento, processo de evolução, e verificando que ela é um dos grandes potenciais de investimento mundial. O estudo se aprofunda inclusive em quais aplicações médicas a nanotecnologia se faz presente atualmente e explora em quais fará futuramente. Com isso, notou-se que a nanotecnologia será grande responsável por evoluções médicas, devido sua capacidade de proporcionar benefícios para a área médica, aprimorando tratamentos, diagnósticos e cirurgias. É evidenciado que para ser aplicada a um ambiente, a nanotecnologia necessita de auxílio de estruturas e materiais com dimensões nanométricas, capazes de alcançar profundidades que nenhuma outra evolução biotecnológica alcançou antes e com isso, é capaz de proporcionar inúmeros benefícios para a sociedade.

Palavras-chave: Nanotecnologia. Medicina. Evolução. Tecnologia. Benefícios.

ABSTRACT

The application of an emerging technology called nanotechnology has been strongly developed in several fields of human knowledge. The focus of this study is to highlight its use in partnership with one of these fields, medicine, demonstrating that technology and society always evolve in constant partnership. The present article was based on bibliographic research, proposing an understanding of the concept of nanotechnology, highlighting its origin, development, evolution process, and verifying that it is one of the great potential for global investment. The study goes even deeper into which medical applications nanotechnology is currently present in and explores which ones it will do in the future. With that, it was noted that nanotechnology will be largely responsible for medical developments, due to its ability to provide benefits to the medical field, improving treatments, diagnoses and surgeries. It is evident that to be applied to an environment, nanotechnology needs the help of structures and materials with nanometric dimensions, capable of reaching depths that no other

biotechnological evolution has achieved before and with this, is capable of providing countless benefits to society.

Keywords: Nanotechnology. Medicine. Evolution. Technology. Benefits.

1 INTRODUÇÃO

Por trás do rápido e constante avanço das inovações tecnológicas existe um objetivo principal e comum: facilitar a vida humana. Toda tecnologia visa proporcionar melhorias na forma como pessoas vivem e a nanotecnologia é uma delas.

A nanotecnologia é uma área científica que surgiu a partir da ideia de criar uma tecnologia em escala nanométrica, que fosse útil em diferentes esferas, a fim de gerar melhoria na qualidade de vida. Ainda nesse seguimento, uma grande aliada da tecnologia para proporcionar essas melhorias é a medicina, que pode ser definida como um campo fundamental para a vida e que é o exercício do dever em oferecer saúde ao cidadão (ATALLAH, 2010). Ambas são movidas por constantes evoluções e, ao serem conjugadas, proporcionam inovações tecnológicas capazes de gerar bons resultados para a saúde e, conseqüentemente, revolucionar aplicações já disponíveis no mercado.

A aplicação da nanotecnologia na medicina recebe o nome de nanomedicina. Este campo científico que se beneficia da tecnologia consegue aprimorar as habilidades médicas de trabalhar com nível molecular, nas quais são desenvolvidos materiais, ferramentas, componentes e sistemas que auxiliam em diagnósticos, terapias, desenvolvimento de medicações e cirurgias. Ao realizar essa junção, é possível obter retornos positivos que favorecem médicos, pacientes, e a sociedade como um todo (SINTRA, 2019).

Perante o exposto, o objetivo deste trabalho será destacar algumas descobertas e contribuições geradas em benefício da sociedade por meio da nanotecnologia e seu uso na medicina, visto seus resultados práticos são cada vez mais reconhecidos. Seguindo este princípio, torna-se foco maior desta pesquisa, especificar sobre o campo científico da nanotecnologia médica, realçando sua amplitude biotecnológica. Este trabalho também abordará o progresso que a nanotecnologia oferece para a ciência ao potencializar pesquisas já existentes sobre tratamentos e diagnósticos médicos.

A metodologia utilizada no presente estudo é a pesquisa bibliográfica, realizada em artigos, teses, matérias e livros. No decorrer desta pesquisa, serão abordados tópicos que dizem respeito a como a medicina sofre constantes evoluções a partir da influência da tecnologia, além

de especificar qual seu significado e importância para a área da saúde, quais suas principais aplicações e mostrar resultados de sucesso que contribuíram para o crescimento de seu estudo e aprimoração.

É importante destacar que foi observado que a nanotecnologia se tornará indispensável em relação a consultas médicas, já que, realizará diagnósticos de maneira automática e, com isso, poderá modificar completamente a forma como os procedimentos médicos atuais são realizados, desde exames de rotina até cirurgias complexas (ARANTES, 2016).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A origem e o desenvolvimento da nanotecnologia

Para que a origem da nanotecnologia seja compreendida, é necessário analisar o significado desta palavra. De acordo com Jurno (2016), o prefixo “nano” proporciona ideia de algo pequeno ou algo que possui tamanho reduzido, sendo também classificado como unidade de medida, que faz referência a materiais com tamanho inferior a 100 nanômetros, ou seja, com tamanho igual ou inferior a um bilionésimo do metro. Desta forma, pode ser entendido que trabalhar com nanotecnologia é simplesmente manipular materiais com pequenas dimensões.

Já o termo tecnologia, segundo Silva (2003), pode ser dito como a junção de vários conhecimentos e técnicas, utilizados para desenvolver novos serviços. Portanto, ao associar os dois termos, é possível obter a palavra nanotecnologia, que é então, uma tecnologia desenvolvida para trabalhar em escala nanométrica.

Ferreira e Rangel (2009) afirmam que a ideia de nanotecnologia e nanociência foi discutida por Richard P. Feynman, no ano de 1959. Neste período, os estudos estavam no princípio e a possibilidade de conseguir manipular átomos para construir novos materiais e desenvolver novas ciências em uma escala nanométrica foi algo revolucionário. Porém, a nanociência começou a ser profundamente estudada a partir dos anos 1980, pelo engenheiro americano Kim Eric Drexler.

Para Pimenta e Melo (2007), o começo do desenvolvimento dessa ciência veio com o desejo de criar inovações a partir de materiais com propriedades físicas extremamente pequenas em vista de tudo que já se conhecia na ciência, e que ao se beneficiar de sua escala nanométrica, proporcionasse características e efeitos diferentes no ambiente em que fossem aplicados.

Com isso, as descobertas desta nova área foram ganhando espaço e hoje, baseando-se na ideia de Ferreira (2018), por ser uma tecnologia emergente, a nanotecnologia está gerando altas expectativas, já que possui capacidade de resolver grandes problemas e revolucionar diversas áreas e aplicações já disponíveis no mercado mundial. Mais precisamente, a nanotecnologia é uma inovação indispensável na medicina, devido a seus materiais nanométricos serem capazes de chegar em lugares onde nenhum objeto ou tecnologia chegou antes, como em tecidos e membranas, o que proporciona evoluções constantes.

De acordo com **Ramos e Pasa (2008)**, o desenvolvimento da nanotecnologia voltada para produtos e materiais se baseia em 5 níveis distintos, sendo eles:

1 – A tecnologia de invenção (TI), nível onde se concentra toda a parte inicial de pesquisas e testes que darão início ao desenvolvimento da tecnologia.

2 – Protótipo de laboratório (PL), nível onde as pesquisas iniciais começam a ser comparadas a resultados.

3 – Demonstrador industrial (DI), nível onde os resultados são definidos. Aqui a tecnologia já pode ser utilizada em empresas interessadas.

4 – Industrialização (I), nível onde a fabricação de materiais compostos com nanotecnologia começa.

5 – Entrada no mercado (ME), nível final do desenvolvimento, onde é possível comercializar o material diretamente ao consumidor.

Segundo Iberdrola (2020), a nanotecnologia pode ser classificada em quatro diferentes tipos, capazes de categorizar seu modo de agir e qual meio ela trabalhará.

O primeiro tipo de nanotecnologia é a descendente, ou *top-down*. É classificada assim porque se baseia na ideia de trabalhar com materiais e estruturas totalmente em escala nanométrica, do começo ao fim.

O segundo tipo de nanotecnologia é a ascendente, ou *bottom-up*. Nesse tipo, a tecnologia a princípio trabalha com um material ou estrutura nanométrica, mas depois de montado, esse material se torna maior do que quando se iniciou sua produção.

O terceiro tipo de nanotecnologia é chamado de nanotecnologia seca. Esse tipo de nanotecnologia é responsável por delinear estruturas em quaisquer materiais que não funcionem com umidade. Exemplo: carbono, metais e silício.

O quarto tipo de nanotecnologia é a úmida. Capaz de estar presente em locais úmidos ou molhados. Exemplo: Componentes celulares, membranas, material genético.

A nanotecnologia atrai olhares de investidores do mundo todo, principalmente porque sua utilização já é realidade e não somente uma ideia para o futuro. Seu desenvolvimento tecnológico se faz presente no cotidiano de setores valiosos para a economia global.

Martinez (2019) afirma que o mercado de nanotecnologia em sentido geral, incluindo materiais, dispositivos e insumos, foi avaliado em U\$7,24 bilhões no ano de 2017, e ainda pontua que em 2025, poderá ser avaliado em U\$24,56 bilhões.

2.2 Evolução tecnológica x evolução médica

Segundo Andrade (2019), a tecnologia evolui conforme a humanidade evolui. Pode-se dizer que o primeiro passo para a inserção da tecnologia na sociedade foi o descobrimento do fogo, que foi um marco na história da evolução tecnológica. Foi a partir daí que o homem sentiu necessidade de aproveitar recursos disponíveis no momento para seu próprio benefício, e percebeu que o que estava fazendo, facilitaria sua vida em diversos aspectos. Com isso, percebe-se que ainda utiliza-se a tecnologia para o mesmo objetivo inicial, que é facilitar a vida.

A evolução médica parte desta mesma ideia, na qual o interesse em descobrir novas informações sobre o corpo humano era grande, mas os recursos eram poucos para realizar descobertas e aperfeiçoar técnicas. Somente após anos de evolução da tecnologia, o homem pôde alinhar seus conhecimentos nas duas diferentes áreas e com isso, conseguiu realizar pesquisas e aprimorar medicina. Segundo Siqueira (2000), a tecnologia foi e ainda é a maior aliada para avanços médicos e com ela é possível alcançar resultados mais eficientes. Houve crescimento da tecnologia médica de maneira impressionante e, com isso, a tecnologia deixou de ser uma ferramenta complementar e tornou-se essencial.

Segundo Dimer et. Al (2013), materiais e produtos nano tecnológicos já proporcionaram rendimento maior de U\$ 28 bilhões no ano de 2011 e apontaram taxa de crescimento anual de 10,8%.

2.3 Aplicações da nanotecnologia na medicina

Para facilitar a compreensão sobre a função da nanotecnologia no aperfeiçoamento da medicina, é preciso esclarecer que ela não trabalha sozinha, visto que recebe auxílio de outros componentes tecnológicos, tais como nanomateriais, nanosensores, nanoestruturas, nanotubos e nanopartículas, responsáveis por interagir no ambiente onde será aplicada.

Ferreira e Rangel (2009) apontam que esses componentes garantem que a tecnologia funcione exatamente como deve e que através da manipulação de átomo por átomo, novas

aplicações conseguem ser geradas em razão dos materiais nanométricos alcançarem escalas fora do habitual. Com isso, é possível que a medicina se beneficie e chegue diretamente no problema alvo muito mais rápido que utilizar maneiras convencionais. É correto afirmar que por meio das inovações da nanotecnologia, a área médica alavancou em grande escala, gerando novas oportunidades para a criação de produtos e aperfeiçoamento de serviços biomédicos, que são diariamente impulsionados a desenvolver na intenção de melhorar a saúde.

“Pesquisadores acreditam que a médio e longo prazo a utilização dos nanomateriais na medicina será algo tão corriqueiro quanto a utilização das seringas para aplicação de uma injeção ou de um antibiótico para combater uma infecção.” (LIMA; CARDOZO; FILHO, 2017, p. 1).

É verdadeiro o fato de que a nanotecnologia depende significativamente de materiais que possuam moléculas capazes de desempenhar funções de maneira rápida e precisa, já que suas propriedades físicas e químicas são dinâmicas. A ideia principal da nanotecnologia é possibilitar que a computação utilizada por trás desses equipamentos processe e observe tudo de maneira microscópica. Para que isso aconteça, estes materiais devem ser programados conforme a necessidade que a tecnologia será aplicada. Para Mazzeo e Santos (2018, p.2), a nanotecnologia “aplicada na Medicina utiliza-se de sistemas de transporte e liberação de fármacos, ferramentas robóticas [...] usadas em processos de diagnósticos e cirurgia, [...] e dispositivos nano biomédicos”. Este processo de transporte de fármacos no organismo, de acordo com os pesquisadores, ocorre através da utilização de nanorobôs, que são introduzidos oralmente ou de maneira intravenosa no corpo do paciente em questão. Antes de serem implantados, os nanorobôs são programados para identificar células prejudiciais ou infectadas e agir diretamente sob elas. Com isso, conseguem agir onde medicamentos convencionais ainda não chegam.

A nanotecnologia proporciona benefícios para a evolução da medicina, um deles é que, com o auxílio da tecnologia associada a estudos biológicos, o tratamento para diversos problemas de saúde, incluindo a melhoria da precisão cirúrgica, consegue saltar e ao invés de utilizar apenas de métodos convencionais baseados em química e biologia, utilizam a inteligência artificial, proporcionando resultados mais eficientes e rápidos.

Outro fator de destaque é que já foram desenvolvidos nanorobôs capazes de serem engolidos. Muitas pessoas possuem problemas estomacais, onde fármacos não tem eficácia, pois o ambiente onde atuam possuem o pH muito baixo. Com isso, a função dos nanorobôs no

organismo é neutralizar o ácido gástrico e só depois liberar os antibióticos necessários para tratar a enfermidade (SATURNO, 2018).

2.4 – Nanotecnologia e a evolução no tratamento do câncer

As terapias utilizadas para tratamento do câncer muitas vezes não retornam resultados totalmente efetivos. A nanotecnologia veio para aprimorar estes tratamentos, proporcionando diagnósticos precisos desta enfermidade e concedendo alternativas de revolucionar técnicas já utilizadas.

Segundo Silva (2015), a nanotecnologia começou a ser uma área de constante interesse em pesquisas para o tratamento do câncer, devido sua capacidade de potencializar efeitos e melhorar a distribuição de fármacos, reduzir toxicidades, aumentar seletividade, prevenir resistências e facilitar absorção de compostos. A principal aliada da nanotecnologia a proporcionar esses benefícios são as nanopartículas e os nanorobôs, capazes de transitar pelo corpo humano. Estes nanomateriais são programados para conseguir entrar em células específicas, atravessando qualquer tipo de barreira biológica que venha existir. As nanopartículas podem ser compostas de metais, silício, proteínas, carbono, ácidos, polímeros, lipídeos, etc.

A utilização de nanopartículas em associação com medicamentos, catalizadores, enzimas, DNA, antígenos ou anticorpos podem gerar transportadores químicos que seriam “guiados” no corpo humano. Essas estruturas apresentam a nanotecnologia com um grande avanço para área diagnóstica e terapêutica para medicina. (SILVA, 2015, p. 45).

A nanotecnologia entra em ação para tratar o câncer através do carregamento de drogas revestidas. Quando as nanopartículas carregadas entram no corpo do paciente, a distribuição do fármaco ocorre diretamente na célula patológica, aliviando que as células saudáveis sejam danificadas juntamente com as tumorais. Ou seja, a nanotecnologia consegue gerar o benefício de diminuir efeitos colaterais neste tratamento tão agressivo, já que a tecnologia chega diretamente na célula doente (SILVA, 2015).

Segundo Freitas (2018), estudos com nanorobôs dobráveis estão sendo realizados e observa-se resultados interessantes. A ideia deste estudo é ativar nanorobôs com programação baseada em DNA para que se tornem capazes de carregar uma substância chamada trombina, que é eficiente para sufocar um tumor, devido sua capacidade de inibir a passagem do sangue, levando o tecido doente a encolher e morrer. Os nanorobôs geralmente possuem o tamanho

menor que um fio de cabelo humano e são ativados quando as moléculas de trombina são inseridas neles.

A nanotecnologia também pode ser utilizada em aplicações que detectam o câncer. Isto é possível devido a um material chamado nanotermômetro (emissor de luz), que quando é exposto a uma fonte de calor, aquece as nanopartículas e gera mudança de cor no material genético. Com isso, o nanotermômetro consegue mapear a temperatura de células tumorais, já que as mesmas são mais elevadas do que células saudáveis (SILVA, 2015).

Cancino et. al (2014), evidencia que a quantidade de nanoestruturas e nanomateriais existente aumentará significativamente nos próximos anos, principalmente quando se diz respeito a medicina. Porém, como toda evolução traz uma consequência, existe preocupações com uso demasiado desta tecnologia.

Por fim, Alves (2014) explica que entender o comportamento da nanotecnologia no corpo humano é parte fundamental de pesquisas, principalmente nos quesitos toxicologia e segurança.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

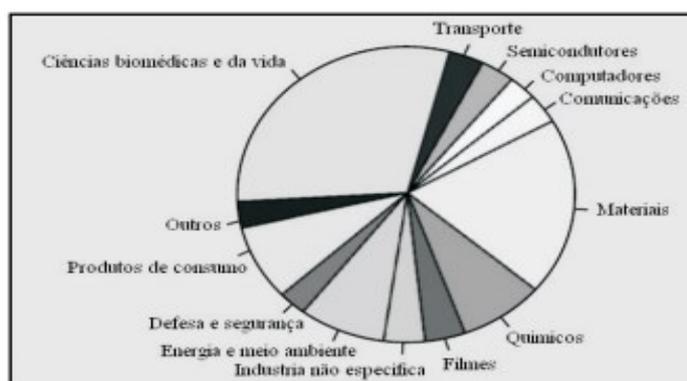
O presente estudo teve sua base teórica desenvolvida por meio de uma pesquisa bibliográfica. Inicialmente, foram realizadas diversas leituras e revisões de obras para identificar os materiais mais relevantes na área da nanotecnologia e da medicina, incluindo artigos, teses e revistas. As obras escolhidas obtiveram maior relevância para este trabalho, o que proporcionou uma melhor estruturação dos tópicos abordados, gerando uma proposta que atendeu as expectativas iniciais, através da explicação do que é nanotecnologia, qual sua importância e sua origem. Em seguida, após um aprofundamento do material de auxílio, foi redigida a fundamentação teórica, na qual foram considerados os principais elementos encontrados relacionados ao objetivo do estudo. Foi possível enaltecer que o papel da nanotecnologia se tornou essencial para a medicina e que a evolução médica depende da junção da tecnologia com aprofundamento de estudos científicos. Posteriormente, foram exemplificadas algumas aplicações que utilizam a nanotecnologia atualmente e detalhados os maiores desafios e dificuldades que essa tecnologia emergente pode gerar. Em seguida, foram descritos os resultados no intuito de identificar e constatar os reais benefícios que a nanotecnologia pode proporcionar para a medicina e, conseqüentemente, para a humanidade.

Por fim, foi elaborada a conclusão do trabalho, com base em todos os elementos abordados anteriormente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente estudo foi embasado em evidenciar a relevância da nanotecnologia no setor médico. Com o decorrer da pesquisa, obteve-se exemplos de aplicações nano tecnológicas atuais e futuras. Foi evidenciado que a nanotecnologia tem grande potencial em auxiliar na evolução da medicina por ser um dos principais focos de pesquisas, inovação e investimento. O gráfico da Figura 1 a seguir mostra que, embora esteja em constante desenvolvimento em diversas áreas do conhecimento humano, a maior concentração de investimentos, estudos e pesquisas sobre nanotecnologia, está na área de ciências biomédicas e da vida.

Figura 1 – Gráfico desenvolvimento da nanotecnologia no cenário mundial.



Fonte: Ramos e Pasa (2008)

Por ainda estar em sua fase inicial, seu uso pode gerar dúvidas e riscos, porém os benefícios são evidentes e as descobertas científicas a respeito desta tecnologia estão em constante evolução.

Foi possível observar que a nanotecnologia está presente desde fármacos, até diagnósticos mais profundos. Também já está sendo utilizada em tratamentos, terapias e reparações. A utilização da nanotecnologia no âmbito médico retornará resultados agradáveis para profissionais e pacientes. Tratamentos serão revolucionários, diagnósticos mais precisos e as cirurgias se tornarão menos invasivas. O futuro da medicina será moldado por esta inovação capaz de tratar e prevenir determinadas doenças, aliviar dores e proporcionar mais conforto para pacientes. Entre os benefícios que esta tecnologia proporciona, estão o desenvolvimento e

liberação de novas drogas, a regeneração de tecidos corporais, a eliminação de vírus e bactérias, minimização de contaminação em ambiente hospitalar, entre outros (MOREIRA, 2018).

A tecnologia proporciona benefícios e faz parte da evolução da medicina, mas como toda tecnologia em expansão, é preciso observar seus desafios e antes de ser colocada em prática, medir suas consequências para prevenir potenciais riscos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da elaboração desta pesquisa, foi possível verificar que a nanotecnologia proporciona benefícios em outras áreas do conhecimento humano, não somente na medicina, já que a mesma se faz presente no cotidiano das pessoas através de medicamentos, cosméticos, indústrias, equipamentos eletrônicos, tecidos, calçados, entre outros. Observou-se que a nanotecnologia tem papel fundamental em novas técnicas médicas e no desenvolvimento de medicamentos. Este trabalho evidenciou que a tecnologia emergente em questão consegue utilizar de suas propriedades e características únicas, de tal maneira que consegue influenciar na melhoria de diagnósticos, tratamentos, visando e preservando sempre o conforto de pacientes e auxiliando profissionais da saúde a melhorarem suas técnicas.

O objetivo inicial deste trabalho foi atendido, visto que foi possível exemplificar processos realizados com nanotecnologia diante das informações aqui fornecidas. Também foi possível averiguar as vantagens da utilização desta tecnologia inovadora. Alguns aspectos no quesito de segurança nanotecnológica ficaram em aberto, visto que ainda não se é possível obter dados congruentes e específicos a respeito deste assunto, pois muitas pesquisas ainda estão em andamento.

REFERÊNCIAS

ALVES, C. **Quais os Benefícios e Riscos da Nanotecnologia na Saúde?**. [S. l.]: Saúde Business by Informa Markers, 2014. Disponível em: <https://saudebusiness.com/hospital/quais-ou-beneficios-e-riscos-da-nanotecnologia-na-saude/>. Acesso em: 9 fev. 2020.

ANDRADE, Vander de. **A Evolução da Tecnologia: da descoberta do fogo à inteligência artificial**. 2019. Disponível em: <https://www.tecnoveste.com.br/a-evolucao-da-tecnologia-da-descoberta-do-fogo-a-inteligencia-artificial/>. Acesso em: 9 fev. 2020.

ARANTES, J. T. Nanotecnologia e big data podem revolucionar medicina. **EXAME**. 01 de jan. de 2016. Disponível em: <https://exame.com/tecnologia/nanotecnologia-e-big-data-podem-revolucionar-medicina/>. Acesso em: 09 fev. 2020.

ATALLAH, Á. N.. Direito à saúde e a não maleficência: Uma definição da Medicina Baseada em Evidências. **Diagnóstico e Tratamento**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 1-60, jul./2010. Disponível em: <http://www.apm.org.br/imagens/Pdfs/revista-107.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2020.

CANCINO, J.; MARANGONI, V. S.; ZUCOLOTTI, V. Nanotecnologia em medicina: aspectos fundamentais e principais preocupações. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 37, n.3, p.521-526, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422014000300022&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 9 fev. 2020.

DIMER, F. A. *et al.* Impactos da nanotecnologia na saúde: produção de medicamentos. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 36, n. 10, p. 1520-1526, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422013001000007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 9 fev. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013001000007>.

FERREIRA, H. S.; RANGEL, M. C.. Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 32, n. 7, p. 1860-1870, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000700033&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 9 dez. 2019. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000700033>.

FERREIRA, V. B. Nanotecnologia e sua importância no contexto brasileiro. In: **E-science e políticas públicas para ciência, tecnologia e inovação no Brasil [online]**. Salvador: EDUFBA, 2018, pp. 97- 106. ISBN: 978-85-232-1865-2. Disponível em: <<https://doi.org/10.7476/9788523218652.0007>> Acesso em: 17 jan. 2020.

IBERDROLA. **Nanotecnologia: uma pequena solução para grandes problemas**. Disponível em: [https://www.iberdrola.com/inovacao/aplicacoes-da-nanotecnologia#:~:text=Os%20diferentes%20tipos%20de%20nanotecnologia,Descendente%20\(top%2Ddown\)](https://www.iberdrola.com/inovacao/aplicacoes-da-nanotecnologia#:~:text=Os%20diferentes%20tipos%20de%20nanotecnologia,Descendente%20(top%2Ddown)). Acesso em: 9 fev. 2020.

JURNO, A. **Nano o quê? MINAS FAZ CIÊNCIA**, 2016. Disponível em: <<https://minasfazciencia.com.br/2016/06/30/nano-o-que/>>. Acesso em: 10 dez. de 2019.

LIMA, J. S.; CARDOSO, A. L. S.; FILHO, M. P. S.. Aplicações da nanotecnologia na medicina. In: ETIC - ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2017, Presidente Prudente. **Proceedings** [...]. [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: <http://intertemas.toledoprudente.edu.br/index.php/ETIC/article/view/6519/6210>. Acesso em: 9 fev. 2020.

MARTINEZ, D. S. T. *et al.* Benefícios e riscos das nanotecnologias. Separata de: CNPEM CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA E MATERIAIS (Campinas) (ed.). **Benefícios e riscos da nanotecnologia**. Campinas: LNNano, 2019. p. 1-32.

MAZZEO, A.; SANTOS, E. J. C. Nanotecnologia e as células progenitoras adultas multipotentes na Medicina Reparativa: perspectivas terapêuticas. **Einstein (São Paulo)**, São Paulo, v. 16, n. 4, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-45082018000400600&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 09 fev. 2020. Epub Nov 29, 2018. https://doi.org/10.31744/einstein_journal/2018rb4587.

MOREIRA, E. **Nanotecnologia na Medicina: robôs em nós**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://transformacaodigital.com/saude/nanotecnologia-na-medicina-robos-em-nos/>. Acesso em: 9 fev. 2020.

PIMENTA, M. A.; MELO, C. P. Nanociências e nanotecnologia. **CIÊNCIA E NATURA SPECIAL EDITION**, Santa Maria - RS, v. 29, n. 3, p. 9-20, set./2007. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X9701>. Acesso em: 9 fev. 2020.

RAMOS, B. G. Z.; PASA, T. N. B. C. O desenvolvimento da nanotecnologia: cenário mundial e nacional de investimentos. **Revista Brasileira de Farmácia**, Rio de Janeiro, v. 89, n. 2, p. 95-101, 2008. Disponível em: https://rbfarma.org.br/files/pag_95a101_desenv_nanotecnologia.pdf. Acesso em: 10 dez. 2019.

SATURNO, A. 5 invenções da nanotecnologia. Intérprete: Joyce Macedo. Roteiro: Ares Saturno. [S. l.]: **Canal Tech**, 2018. Disponível em: <https://canaltech.com.br/video/top-tech/5-invencoes-da-nanotecnologia-9866/>. Acesso em: 9 fev. 2020.

SILVA, A. C. C. **Nanotecnologia em Diagnóstico e Terapia no Brasil**. Orientador: Nélida Lúcia Del Mastro. 2015. 128 p. Dissertação (Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear) - IPEN Autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-15092015-125401/publico/2015SilvaNanotecnologia.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2020.

SILVA, J. C. T. Tecnologia: novas abordagens, conceitos, dimensões e gestão. **Prod.**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 50-63, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132003000100005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 9 dez. 2019. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132003000100005>

SINTRA, R. A importância da nanotecnologia para a saúde. IFSC USP, 2019. Disponível em: <<https://www2.ifsc.usp.br/portal-ifsc/a-importancia-da-nanotecnologia-para-a-saude/>>. Acesso em: 9 de dez. de 2019.

SIQUEIRA, J. E. Tecnologia e medicina entre encontros e desencontros. **Revista Bioética**, Brasília, v. 8, ed. 1, p. 55-67, 2000. Disponível em: https://revistabioetica.cfm.org.br/index.php/revista_bioetica/article/view/261/261. Acesso em: 9 fev. 2020.