INTERFACE TECNOLÓGICA

NANOTECNOLOGIA E SUAS APLICAÇÕES: uma revisão quanto aos seus conceitos, potencial de uso, riscos e tendências

NANOTECHNOLOGY AND ITS APPLICATIONS: a review of its concepts, potential for use, risks and trends

Claudemir de Jesus Leopoldo – claudemirleopoldo@hotmail.com
Faculdade de Tecnologia (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

Gustavo Henrique Del Vechio – gustavo.vechio@fatec.sp.gov.br
Faculdade de Tecnologia (Fatec) – Taquaritinga – SP – Brasil

DOI: 10.31510/infa.v17i2.900
Data de publicação: 18/12/2020

RESUMO

A nanotecnologia já está presente em diversos recursos ou componentes de áreas como a medicina, eletrônica, biologia, ciência da computação, engenharia de materiais e outros: é uma tecnologia tão significativa e que cresce tão rapidamente em escala e aplicação que tem o potencial de revolucionar muitos aspectos da ciência e da indústria. Posto desta forma, este artigo procura investigar o conceito de nanotecnologia, sua gênese e evolução histórica, bem como casos reais de uso, além de riscos e possíveis tendências para o futuro. Trata-se, assim, de um estudo teórico de revisão bibliográfica, a fim de elucidar a importância desta tecnologia atualmente e para os próximos anos ou décadas. O que se percebe, a partir deste estudo, é que há um campo muito fértil para a nanotecnologia evoluir e ganhar cada vez mais espaço no processo de evolução histórica da humanidade.

Palavras-chave: Nanotecnologia. Nano-escala. Evolução. Potencial tecnológico.

ABSTRACT

Nanotechnology is already present in several resources or components in areas such as medicine, electronics, biology, computer science, materials engineering and others: it is such a significant technology that grows so quickly in scale and application that it has the potential to revolutionize many aspects of science and industry. Put this way, this article seeks to investigate the concept of nanotechnology, its genesis and historical evolution, as well as real use cases, in addition to risks and possible trends for the future. It is, therefore, a theoretical study of bibliographic review, in order to elucidate the importance of this technology today and for the next years or decades. What can be seen, from this study, is that there is a very fertile field for nanotechnology to evolve and gain more and more space in the process of historical evolution of humanity.

Keywords: Nanotechnology. Nano-scale. Evolution. Technological potential.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo consiste em um estudo teórico cujo objetivo é realizar uma revisão bibliográfica sobre o conceito de nanotecnologia, demonstrando como surgiu, seu potencial de uso em diferentes áreas da ciência, bem como os riscos ao empregá-la sem os devidos cuidados.

Para alcançar este objetivo, a metodologia do estudo se define pela revisão de livros, revistas e matérias especializadas, a fim de contemplar a definição do que é a nanotecnologia, como o conceito surgiu e evoluiu ao longo do tempo. Além disso, apresentam-se alguns exemplos reais de como a tecnologia já está sendo empregada em áreas como computação, vestuário, farmácia, cosmética, medicina e até na detecção do novo coronavírus (Sars-CoV-2), responsável pela doença transmissível que alcançou a escala de pandemia global no ano de 2020. O artigo também procura pontuar os possíveis riscos que tal tecnologia pode acarretar, bem como certas tendências ou projetos que já estão sendo desenvolvidos quanto à sua aplicação para o futuro.

O estudo se justifica por verificar que é cada vez mais recorrente o emprego da nanotecnologia em diferentes áreas da ciência e da indústria, seja para tornar uma tela de computador mais resistente, desenvolver roupas de proteção mais fortes ou ainda ser uma aliada no tratamento de tumores e cânceres. Trata-se, nesse sentido, de uma tecnologia que cresce atualmente em escala e aplicação, merecendo uma análise quanto ao seu potencial de uso.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Embora a tecnologia consista na capacidade de construir, fabricar ou transformar elementos e recursos para um determinado propósito,[1] ao se pensar neste conceito é comum, apesar de incorreto, reduzi-la a aparelhos altamente sofisticados, tais como os últimos modelos de celulares, computadores e outros dispositivos que fazem parte do cotidiano de milhões de pessoas (VERASZTO *et al.*, 2008). Da mesma forma, ao ouvir sobre nanotecnologia, parece inevitável não se pensar em filmes de ficção científica, tais como o longa metragem "Vingadores: ultimato", lançado em 2019, em que muitos dos personagens, sobretudo o "Homem de Ferro" utilizam trajes supostamente construídos com o auxílio de nanotecnologia.

[1] A palavra tecnologia corresponde à junção dos termos gregos *techné* (variante de fabricar, produzir, construir) com *logus* (razão). Por isso o conceito é comumente definido como "a razão de saber fazer".

Nem tecnologia tampouco nanotecnologia devem ter esse ponto de vista reducionista. Estes são conceitos muito mais amplos e assim merecem ser estudados. Aliás, Bastos (2006) argumenta que a nanotecnologia, por ser tão significativa, deve ter um impacto profundo na economia e na sociedade do século XXI, talvez comparável à tecnologia da informação e aos avanços mais recentes da biologia celular e molecular. Mais especificamente, é provável que a nanotecnologia revolucione não somente a informática, mas também áreas como a medicina, a biologia e a química, proporcionando um novo marco industrial. Afinal, como complementam Resch e Farina (2015), o principal diferencial da escala nanométrica é a potencialização das propriedades físicas e químicas, maior grau de dispersão, funcionalidades e características relacionadas ao tamanho de estruturas, que possibilitam seu uso em variações extremamente reduzidas. Em outras palavras, a manipulação na escala nanométrica pode modificar propriedades como cor, condutividade, reatividade e até ponto de fusão dos elementos.

2.1 Definição de nanotecnologia e seu uso em diferentes áreas

A nanotecnologia pode ser definida, assim, como o controle e a manipulação de átomos e moléculas em nano-escala, unidade que equivale a um milésimo de um milésimo de um milésimo de um metro (10^{-9} m). Por seu tamanho, nanopartículas atuam no desenvolvimento de materiais e componentes para diversas áreas como: medicina, eletrônica, biologia, ciência da computação e engenharia dos materiais. Um dos princípios básicos da nanotecnologia é a construção de estruturas e materiais a partir dos átomos, com o objetivo de elaborar estruturas estáveis e melhores do que se estivessem em seu tamanho convencional, devido aos elementos se comportarem de maneira diferente em nano-escala (O QUE..., s.d.).

Tanto Bastos (2006) quanto Gogoni (s.d.) lembram que o conceito de nanotecnologia surgiu no final da década de 1950 e foi apresentado inicialmente pelo físico e teórico Richard Feynman, que descreveu certos métodos em que os cientistas seriam totalmente capazes de manipular átomos e moléculas, controlando-os da forma como quisessem. No entanto, o termo em si – "nanotecnologia", surgiu mais tarde, em 1981, quando os cientistas conseguiram observar pela primeira vez os átomos a partir de um Microscópio de Varredura por Tunelamento (*Scanning Tunneling Microscopy*). Tal dispositivo foi criado por Gerd Binning e Heinrich Rohrer, que acabaram recebendo o Prêmio Nobel de Física em 1986 pela essa descoberta.

Ainda de acordo com Gogoni (s.d.), a nanotecnologia é muito utilizada na informática, tendo como exemplo o desenvolvimento de telas OLED, películas antirreflexo e telas de celulares, além de contribuir para o desenvolvimento de processadores com mais componentes integrados no mesmo espaço físico, garantindo mais potência no processamento computacional. Muitos processadores, aliás, já usam o nanômetro como uma unidade para indicar poder de processamento. Além disso, aparelhos de MP3, pen drives, computadores, cartões de memória utilizados em câmeras digitais e celulares podem ampliar sua capacidade de armazenamento e até de processamento com o uso da nanotecnologia.

É importante salientar que a nanotecnologia não foi concebida apenas para ser utilizada na área da informática. Como verifica Jordão (2009), outras áreas que se beneficiam de suas vantagens são a química, física quântica, indústrias que criam protótipos aeroespaciais, refinarias, o ramo alimentício, a medicina e muitas outras. Na medicina, por exemplo, já existem aparelhos que são capazes de diagnosticar determinadas doenças, as quais não poderiam ser detectadas apenas com base em sintomas e exames comuns.

Uma matéria no site do Instituto de Física de São Paulo (OS DESAFIOS..., 2015) demonstra que embora as imagens de ressonância magnética (IRM) ainda sejam o principal meio para se diagnosticar tumores, nos casos em que tais tumores são muito pequenos (ou se o órgão que está sendo afetado não tem diferença de densidade no tecido), a nanotecnologia se torna uma aliada, já que possibilita a criação de nanopartículas (“nanoímãs” atóxicos) que, ao serem inseridas nos pacientes, se alojam ao redor da anomalia, dando contraste nas imagens de ressonância magnética, facilitando a localização e a visualização dos minúsculos tumores.

Além das nanopartículas, há ainda os chamados “biossensores” (dispositivos eletrônicos capazes de detectar proteínas, enzimas ou metabólitos), que podem diagnosticar doenças, mesmo que precoce, como diabetes, infarto do miocárdio e hipertensão, além de acompanhar moléculas de colesterol, glicose e outras (OS DESAFIOS..., 2015). Outro exemplo está no setor alimentício, que tem obtido resultados positivos na produção de películas que prolongam a durabilidade de frutas e legumes, sem alterar o sabor e a aparência (MOREIRA, 2016).

Alguns outros usos da nanotecnologia incluem:

- **Cosmética:** com o uso de nanotecnologia, é possível fabricar shampoos, sombras, protetores solares, cremes anti-idade entre outros produtos, os quais podem conter

nanopartículas que penetram mais profundamente na pele e, com isso, garantem um resultado mais eficiente quanto ao uso destes cremes (NANOTECNOLOGIA..., s.d.).

- **Vestuário:** a aplicação de nanotecnologia nas indústrias têxteis é recente, mas já possibilita novas características às fibras, fios e tecidos. De modo geral, os fabricantes conseguem alterar a funcionalidade dos tecidos, dando-lhes características como repelência à insetos, bactérias, umidade entre outros (COSTA, s.d.).

- **Farmacêutico:** a nanotecnologia pode ajudar a reduzir os efeitos colaterais de remédios, além de aumentar sua ação, já que os princípios ativos são inseridos em minúsculas cápsulas que são capazes de percorrer a corrente sanguínea e liberar o medicamente em células específicas (COSTA, s.d.). Já existem, aliás, diversos produtos que são usados amplamente na indústria e utilizam nanotecnologia: exemplos incluem o band-aid, que possui uma nanocamada de prata para ajudar a expandir à área de contato com a pele e aumentar a ação antibacteriana; cremes dentais, que contam com nanocompostos capazes de preencher as cavidades dos dentes e ajudar na prevenção de rachaduras; ou ainda preservativos, que possuem uma espuma de nanopartículas de prata para ajudar a destruir as bactérias que entram em contato com o preservativo durante o ato sexual, evitando assim a transmissão de doenças (MACHADO, 2012).

- **Tratamento contra o câncer**: uma matéria publicada no site G1 (USP..., 2019) informa que um grupo de cientistas do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP) desenvolveu uma técnica mais eficaz para o tratamento do câncer, que usa extratos retirados de ipê, combinados com partículas de ouro e que emprega a nanotecnologia como meio de transporte para se chegar às células do tumor de forma mais precisa e com menos efeitos colaterais ao paciente. Este estudo, que já tem cerca de 4 anos, está em fase de testes com animais para, mais tarde, ser aplicado a humanos. O interessante é que as nanocápsulas desenvolvidas pelos pesquisadores, feitas com células cancerosas, são mil vezes menores do que a espessura de um fio de cabelo. Tais nanocápsulas são carregadas com partículas de ouro e um quimioterápico natural derivado do ipê; quando chegam às células cancerosas, são ativadas por raios infravermelhos, se rompem e liberam o medicamento diretamente no tumor. Além

disso, o calor da luz incidente esquenta as partículas e consequentemente mata as células que estão doentes. A principal vantagem dessa técnica é que ela afeta menos as células saudáveis do que outros tipos de quimioterapias, o que pode diminuir em muitos aspectos os efeitos colaterais do tratamento.

- **Coronavírus:** com o surgimento do novo coronavírus em 2020 (Sars-CoV-2), que é uma doença infecciosa associada a dificuldades respiratórias, muitos pesquisadores no mundo passaram a estudar uma vacina para neutralizar o respectivo vírus e curar os infectados. Embora ainda não exista uma cura definitiva, o diagnóstico precoce é crucial para controlar a pandemia: Seo *et al.* (2020) desenvolveram, para este propósito, um biossensor baseado em grafeno, que opera em nanoescala e pode servir de anticorpo a fim de detectar o vírus. A vantagem deste sensor em escala nanométrica é que o novo vírus pode ser detectado mesmo em concentrações extremamente baixas. Um outro estudo publicado por Dormont *et al.* (2020) demonstra a utilização de uma nova formulação de nanopartículas que pode entregar fármacos direcionados em locais de inflamação aguda, causada pelo novo coronavírus. Como resultado, obtém-se a redução de efeitos colaterais, além de efeitos protetores em modelos de endotoxemia e choque sistêmico letal, aumento na circulação sanguínea e redução de toxicidade.

Como é possível observar, a nanotecnologia já é uma realidade em diversas áreas e indústrias, sendo que os casos de uso apresentados são apenas alguns de muitos exemplos que incluem nanopartículas, nanocompostos, nanocamadas e muito mais. Parece claro que o desenvolvimento da nanotecnologia ajuda a destrinchar fronteiras, a fim de alavancar as descobertas do ser humano e com isso alcançar o desenvolvimento até mesmo de curas para doenças, tais como o câncer, o HIV, entre outras. Por outro lado, nunca se pode descartar a segurança, visto que a nanotecnologia possibilita a criação de novos componentes que hoje não estão disponíveis na natureza. Por este motivo, não se pode deixar de fiscalizar e estabelecer normas regulamentares para essas novas descobertas.

2.2. Riscos quanto ao uso da nanotecnologia

Assim como qualquer tecnologia, é de suma importância levar em conta os possíveis riscos que a nanotecnologia pode proporcionar. Nesse sentido, as regulamentações e os órgãos específicos de vigilância são fundamentais para garantir a segurança em seu uso.

De acordo com Moreira (2016), a primeira tentativa de regularizar a nanotecnologia no Brasil foi realizada pelo deputado federal Edson Duarte (PV-BA), via projeto de lei nº 5076/2005 (https://bit.ly/32bu4ju), que tramitou na Câmera, mas acabou por ser arquivado em novembro de 2008. De acordo com o autor da lei, a ideia não é impedir o desenvolvimento da ciência, mas de monitorá-la para acompanhar os seus possíveis riscos, já que:

> Hoje eu posso pegar um átomo e a partir dele, construir uma substância química totalmente diferente das que existem na natureza. Por isso, é necessária uma regulamentação, uma política de controle e de normas técnicas que orientem os órgãos de vigilância sanitária para fazer o acompanhamento pós-comercialização e a monitorização desses possíveis riscos, alerta. (DUARTE *apud* MOREIRA, 2016).

Uma matéria no site da UNISINOS (NANOTECNOLOGIA..., s.d.) apresenta uma interessante pesquisa que coloca em "xeque" o uso desregrado da nanotecnologia. Tal pesquisa tem o objetivo de expor os riscos, muitos dos quais ignorados na esfera jurídica, da falta de informação sobre produtos fabricados em escala nanométrica. Um dos pesquisadores, Wilson Engelmann, justifica que tal pesquisa demonstra os efeitos negativos do uso da nanotecnologia à longo prazo: segundo ele, uma série de produtos que hoje se encontram disponíveis no mercado ainda estão em fase de testes de toxicidade, o que significa que existem incertezas sobre a segurança desses materiais para a saúde tanto ambiental quanto humana.

Aliás, a intenção desta pesquisa é incentivar a criação de um seguro que dê conta de possíveis transtornos acerca do consumo dos produtos. O grupo de pesquisadores também pretende contribuir com a regulação da nanotecnologia por meio de leis específicas que possam ser rapidamente modificadas, conforme avançam as descobertas científicas, já que hoje não há nenhuma orientação estatal a respeito do tema (NANOTECNOLOGIA..., s.d.).

Por outro lado, Massi (s.d.) aponta que o Ministério de Desenvolvimento Industrial e de Comércio Exterior (MDIC) promove o Fórum de Competitividade em Nanotecnologia desde novembro de 2009, e como resultado dos encontros, o grupo de trabalho em marco regulatório produziu um levantamento que discute definições e questionamentos relativos à nanotecnologia

sob a ótica brasileira. Após uma ampla discussão, o grupo propôs a adoção da definição de nanotecnologia da ISO TC 229, assim como a definição de nanomaterial da ISO/TR 12885, ambas sendo normas internacionais. O que se procura registrar é que as normas aplicadas aos produtos com nanotecnologia devem ser as mesmas dos demais produtos farmacêuticos, sendo necessário a eles demonstrar segurança, eficácia e qualidade para serem registrados.

2.3. Tendências para o futuro da nanotecnologia

Como é possível verificar, há um enorme potencial para a nanotecnologia em diferentes áreas da ciência e da indústria. Seus exemplos de uso são bastante variados e já podem ser vistos em diversas inovações, produtos ou recursos disponíveis no mercado.

Considerando, afinal, que o crescimento tecnológico, como demonstra Kurzweil (2018), segue em ritmo exponencial, ou seja, que as atualizações são mais rápidas e em períodos mais curtos com o passar do tempo (tempo de evolução multiplicativa em vez de linear ou aditiva), é de se esperar que a nanotecnologia seja usada cada vez mais em um futuro próximo.

Por exemplo, Das *et al.* (2014) argumentam sobre o desenvolvimento de uma membrana de nanotubos de carbono, capaz de purificar e realizar a dessalinização da água do mar com mais facilidade, rapidez, e alta eficiência: visto que os poluentes despejados anualmente no oceano implicam na degradação dos seres vivos, assim como o aumento da temperatura do planeta (aquecimento global) acabam por gerar consequências e mudanças climáticas, tal inovação poderia ser uma enorme aliada na obtenção de água doce, própria para consumo.

Já Mattos (2017) evidencia que muito em breve será possível a concepção e o uso de nanofibras de carbono, as quais poderão ser usadas para a construção de roupas muito mais resistentes, tais como coletes à prova de balas, além de músculos artificiais ou até mesmo órgãos mais complexos, como a reconstrução de um coração com algum dano. Ainda de acordo com a autora, já existem iniciativas de pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) que investigam a produção de nanofibras com polímeros biodegradáveis, a fim de favorecer o crescimento e a regeneração de células neurais.

Harari (2016), ao encontro destas tendências, avalia que não demorará muito tempo até a medicina, aliada à nanotecnologia, operar com recursos ou tratamentos que funcionem de maneira diferente e muito mais eficiente do que quaisquer outros meios precedentes: trata-se do uso de nanorrobôs, que já estão sendo desenvolvidos em laboratórios de pesquisas pelo

mundo e que, um dia, poderão navegar na corrente sanguínea humana para identificar doenças e até eliminar patógenos e células cancerosas. Tais nanorrôbos, também citados por Kurzweil (2018), poderão, inclusive, enviar dados da saúde do usuário em tempo real a um computador, tal como uma provável versão *desktop* do famoso e poderoso "Watson", da IBM, que fará o monitoramento e será capaz de detectar, com incrível precisão, qualquer anomalia, sugerindo possíveis tratamentos ou até alertando, diretamente, os médicos responsáveis pelo paciente.

Todas essas previsões não são meras especulações ou roteiros de filmes de ficção, mas sim avanços científicos consideráveis e que estão em progresso desde hoje. Há, por certo, um campo muito fértil para que a nanotecnologia pode ser aplicada, para o bem da humanidade.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia faz parte da vida humana há milênios. A cada avanço tecnológico, novos recursos ou ferramentas podem ser concebidas, a fim de estender as capacidades humanas, superar desafios e revelar novos caminhos para a evolução dos seres vivos. A nanotecnologia, concebida há algumas décadas, é um claro exemplo que demonstra um alto potencial rumo a este desenvolvimento. E, neste caso, não se trata de ficção ou de esperar o futuro para perceber suas vantagens: tanto na indústria como na ciência, a nanotecnologia já está presente em roupas, dispositivos eletrônicos e até em cápsulas que podem ajudar a elevar os padrões da medicina.

Levando-se em conta um índice exponencial de crescimento, espera-se que, em breve, a nanotecnologia possa não apenas diagnosticar doenças antes que se manifestem, mas ajudar em sua cura, fabricar órgãos humanos, definir novos métodos de sustentabilidade, produtos mais resistentes, mais seguros, mais flexíveis e muito mais. Claro que, como toda tecnologia, esta não deixa de possuir seus riscos de aplicação, aos quais devem ser administrados com cautela (alguns de seus efeitos ainda hoje são desconhecidos). No entanto, as dificuldades e riscos são menores se comparadas às suas inúmeras vantagens. É, senão, uma incrível tecnologia e que merece todo o estudo para que, cada vez mais, faça parte da vida humana.

REFERÊNCIAS

BASTOS, Ricardo M. P. **Nanotecnologia**: uma revolução no desenvolvimento de novos produtos. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso Superior de Engenharia de Produção:

Universidade Federal de Juíz de Fora, 2006. Disponível em: < https://bit.ly/31SUjv2 >. Acesso em: 3 set. 2020.

COSTA, Ana P. D. A nanotecnologia aplicada no dia a dia. **Portal Educação**, 17 out. 2012. Disponível em: < https://bit.ly/3gRYOtT >. Acesso em: 4 set. 2020.

DAS, Rasel; ALI, Eaqub; HAMID, Sharifah B.; RAMAKRISHNA, Seeram; CHOWDHURYA, Zaira Z. Carbon nanotube membranes for water purification: a bright future in water desalination. **Desalination**, vol. 336, n. 3, 2014, p. 97-109. Disponível em: < https://bit.ly/3iyWPvr >. Acesso em: 6 out. 2020.

DORMONT, Flavio; BRUSINI, Romain; CAILLEAU, Catherine; REYNAUD, Franceline; PERAMO, Arnaud; GENDRON, Amandine; MOUGIN, Julie; GAUDIN, Françoise; VARNA, Mariana; COUVREUR, Patrick. **Squalene-based multidrug nanoparticles for improved mitigation of uncontrolled inflammation in rodents**. Science Advances, vol. 6, nº 23, jun. 2020. Disponível em: < https://bit.ly/30mbBiY >. Acesso em: 30 set. 2020.

GOGONI, Ronaldo. O que é nanotecnologia? **Tecnoblog**, s.d. Disponível em: < https://bit.ly/3gRIZU1 >. Acesso em: 3 set 2020.

HARARI, Yuval N. **Homo Deus**: uma breve história do amanhã. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.

JORDÃO, Fabio. O que é nanotecnologia? **Tecmundo**, 6 ago. 2009. Disponível em: < https://bit.ly/2EYb1R1 >. Acesso em: 4 set. 2020.

KURZWEIL, Ray. **A singularidade está próxima**: quando os humanos transcendem a biologia. São Paulo: Itaú Cultural/ Iluminuras, 2018.

MACHADO, Jonathan. 9 objetos cotidianos que usam nanotecnologia. **Tecmundo**, 17 maio 2012. Disponível em: < https://bit.ly/3bn9Giu >. Acesso em: 5 set. 2020.

MATTOS, Litza. Elas reconstruirão corações danificados e tratarão doenças: nanofibras revolucionam da medicina à economia e prometem mudar seu dia a dia. **O Tempo**, 22 jan. 2017. Disponível em: < https://bit.ly/2GF6dAD >. Acesso em: 6 out. 2020.

MASSI, Viviane. Nanotecnologia revoluciona a saúde e a produção de fármacos. **ICTQ**, s.d. Disponível em: < https://bit.ly/321ncFz >. Acesso em: 3 set. 2020.

MOREIRA, Patricia. O que é a nanotecnologia? **EBC**, 8 jul. 2016. Disponível em: < https://bit.ly/3bt5kpV >. Acesso em: 4 set. 2020.

NANOTECNOLOGIA em cosméticos**. Portal Educação**, 13 set. 2013. Disponível em: < https://bit.ly/2F07iSA >.. Acesso em: 3 set. 2020.

NANOTECNOLOGIA pode trazer complicações à saúde humana e ao ambiente. **Unisinos**, s.d. Disponível em: < https://bit.ly/2F2WvqU >. Acesso em: 5 set. 2020.

O QUE é nanotecnologia. **Canaltech**, s.d. Disponível em: < https://bit.ly/2DpPYWE >. Acesso em: 4 set. 2020.

OS DESAFIOS da nanotecnologia a serviço da medicina. **Instituto de Física de São Carlos-Universidade de São Paulo**, 2 jul. 2015. Disponível em < https://bit.ly/3jIuvHX >. Acesso em: 4 set. 2020.

RESCH, Sibelly; FARINA, Milton C. Mapa do conhecimento em nanotecnologia no setor agroalimentar. **Revista de Administração do Mackenzie**, vol. 16, p. 51-75. São Paulo, maio 2015. Disponível em: < https://bit.ly/2Grn7CC >. Acesso em: 3 set. 2020.

SEO, Giwan; LEE, Geonhee; KIM, Mi J.; BAEK, Seung H.; CHOI, Minsuk; KU, Keun B,; LEE, Chang S.; JUN, Sangmi; PARK, Daeui; KIM, Hong G.; KIM, Seong J.; LEE, Jeong O.; KIM, Bum T.; PARK, Edmond C.; KIM, Seung. **Rapid Detection of COVID-19 Causative Virus (SARS-CoV-2) in Human Nasopharyngeal Swab Specimens Using Field-Effect Transistor-Based Biosensor**. ACS Nano, vol. 14, abr. 2020. Disponível em: < https://bit.ly/33i872E >. Acesso em: 30 set. 2020.

USP de São Carlos cria tratamento contra o câncer mais eficiente com ipê, ouro e nanotecnologia. **G1**, 26 jun. 2019. Disponível em: < https://glo.bo/31TZjj4 >. Acesso em: 5 set. 2020.

VERASZTO, Estéfano V.; SILVA, Dirceu; MIRANDA, Nonato A.; SIMON, Fernanda O. Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. **Revista Prisma**, n. 7, 2008. Disponível em: < https://bit.ly/2EVLAiP >. Acesso em: 3 set 2020.