



## Questões bioéticas relacionadas ao uso da nanomedicina: revisão integrativa

Osmar Vieira Ramires Júnior<sup>a,b\*</sup>, Barbara da Silva Alves<sup>a,b</sup>, Rúbia Gabriela Fernandes Salgado<sup>a</sup>, Shana Pires Ferreira<sup>a,b</sup>, Mariana Appel Hort<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde, Faculdade de Medicina, Campus Saúde, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande, RS, 96203-900, Brasil

<sup>b</sup> Instituto de Ciências Biológicas, Campus Carreiros, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande, RS, 96203-900, Brasil

### *Histórico do Artigo*

Recebido em: 30/09/2016  
Aceito em: 14/09/2017

### *Palavras-chave*

Bioética  
Nanotecnologia  
Nanomedicina

### **RESUMO**

Sabe-se da importância do avanço tecnológico para o desenvolvimento de uma saúde cada vez mais eficaz e segura e, por isso, uma das grandes preocupações que se tem com o uso dos nanomateriais na medicina é a segurança para o paciente e para o meio ambiente. Há, portanto, uma necessidade eminente de avaliação e regulamentação da nanomedicina, tendo sempre como base a ética para que o melhor seja feito para a sociedade. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi conhecer as produções científicas que abordem a nanomedicina e suas implicações bioéticas. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura em que a coleta de dados foi realizada no Portal PubMed (Public/PublishMedline), utilizando os descritores bioethics AND (nanotechnology OR nanomedicine), sem delimitação do tempo, em que foram selecionados 18 artigos. Foram construídas duas categorias: “Os impactos da nanotecnologia na saúde” e “As questões bioéticas envolvidas na nanotecnologia”. E concluiu-se que a nanomedicina traz à tona muitas questões de natureza ética, quanto ao seu uso, suas aplicações e até mesmo consequências para a sociedade e o meio ambiente. Ainda se fazem necessárias maiores pesquisas e compreensão do assunto, para que a nanotecnologia avance em todas as áreas do conhecimento, auxiliando as presentes e as futuras gerações.

### **Bioethical questions to nanomedicine use: integrative review**

### **ABSTRACT**

We know the importance of technological advances for the development of an increasingly effective and safe health and therefore one of the major concerns about the use of nanomaterials in medicine is safety for the patient and for the environment. There is, therefore, an imminent need for evaluation and regulation of nanomedicine, always having as ethical basis for the best is done for society. Therefore, the objective of the present work was to know the scientific productions that approach the nanomedicine and its bioethical implications. This is an integrative review of the literature in which the data collection was performed in the PubMed Portal (Public / PublishMedline) using the descriptors AND bioethics (nanotechnology OR nanomedicine), without delimitation of the time, in which they were selected from 18 articles. Two categories were constructed: "The impacts of nanotechnology on health" and "The bioethical issues involved in nanotechnology". And, it was concluded that nanomedicine brings up many issues of an ethical nature, as to its use, its applications and even consequences for society and the environment. Further research and understanding of the subject is still necessary, so that nanotechnology advances in all areas of knowledge, helping present and future generations.

### *Keywords*

Bioethics  
Nanotechnology  
Nanomedicine

## 1. Introdução

Nos últimos anos, a nanotecnologia vem se destacando como um dos principais focos de atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação em diferentes áreas do conhecimento. O termo nanotecnologia pode ser definido como ciência e engenharia

\*Autor correspondente: junior.vieira.ramires@gmail.com (O. V.R. Júnior)

envolvidas no desenvolvimento, síntese, caracterização e aplicação de materiais e dispositivos cuja menor organização funcional, em pelo menos uma dimensão, é na escala nanométrica (medida que equivale à bilionésima parte do metro) (1,2). As partículas nanométricas possuem características físicas e químicas diferentes daquelas encontradas nos materiais de origem, como, por exemplo, resistência, cor e condutibilidade (3).

A nanotecnologia é uma ciência multidisciplinar, que inclui profissionais das áreas de Ciências de Materiais, Engenharia, Farmácia, Biologia, entre outros, trabalhando juntos pela necessidade de partilhar o conhecimento sobre ferramentas e técnicas nessa nova fronteira científica (3). A área da nanotecnologia especializada no uso de materiais em nanoescala ou nanoestruturados em medicina é denominada nanomedicina (4). As aplicações da nanomedicina incluem a prevenção, diagnóstico e tratamento de diversas doenças(5); revestimentos de sistemas biológicos de base nanotecnológica (por exemplo implantes); engenharia de tecidos e sistemas de liberação de fármacos (6).

A nanomedicina pode trazer grandes avanços no desenvolvimento de novas alternativas eficientes para diagnóstico e tratamento, entretanto uma das grandes preocupações que se tem com a sua utilização é a segurança para o paciente e para o meio ambiente. As informações sobre os efeitos tóxicos de nanomateriais ainda são escassas e por isso as questões regulatórias da nanomedicina ainda não estão bem estabelecidas (7). A falta de conhecimento sobre a toxicidade das nanopartículas, imunogenicidade, biocompatibilidade e estabilidade pode divergir com os propósitos bioéticos, como a valorização humana e a integridade da vida (8). Por isso, os benefícios devem superar os riscos associados a tal tecnologia, colocando em prática dois dos princípios da bioética, que são a beneficência e não maleficência.

Nos anos entre 1970 e 1971, Van Rensselaer Potter publicou pela primeira vez o termo “bioethics” em dois momentos que marcam o surgimento da Bioética que vem sendo desenvolvida atualmente. Esse campo objetiva resgatar o telos interno da arte de fazer ciência, proporcionando proteção ao ser humano (9). Portanto, a ideia primordial da bioética é a sobrevivência e a preocupação com a humanidade, em conjunto com o ambiente natural (10).

Nesse contexto, considerações éticas possuem um importante papel no desenvolvimento e no uso de intervenções nanotecnológicas em cuidados médicos (11). Assim, este estudo se justifica pela necessidade de divulgar e aprofundar o conhecimento de forma multidisciplinar, sobre os aspectos bioéticos relacionados à nanomedicina. Tendo isso em vista, o objetivo do presente trabalho foi conhecer as produções científicas que abordem a nanomedicina e suas implicações bioéticas.

## **2. Material e métodos**

Foi realizada uma revisão integrativa da literatura, abordagem que permite uma compreensão geral do assunto pesquisado em relação ao que tem sido publicado nos últimos anos (12). As seguintes etapas foram realizadas: formulação e identificação do problema; coleta de dados; avaliação dos dados; análise e interpretação dos dados coletados e apresentação dos resultados (13).

Na primeira etapa, formulação e identificação do problema, após um aprofundamento teórico sobre o tema nanomedicina e foi formulada a seguinte questão de pesquisa: O que a literatura científica aborda sobre a nanomedicina e a bioética?

Para a etapa de coleta de dados, foi utilizado o Portal PubMed (Public/PublishMedline). Utilizaram-se como palavras-chave: bioethics AND (nanotechnology OR nanomedicine). A busca foi realizada pelo acesso online, no mês

de janeiro de 2017. Os critérios de inclusão das publicações definidos para esta revisão foram: artigos disponíveis na íntegra online; sem delimitação do tempo de publicação dos artigos e apresentados em língua portuguesa, inglesa ou espanhola. Já, os de exclusão contemplam: artigos que não correspondiam à temática estudada, que tinham resumo incompleto e artigos não disponíveis online.

Foram encontrados 43 artigos, todos na base de dados Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MEDLINE). Foram excluídos cinco artigos cujo texto completo não estava disponível online, restando 38 artigos. Após a leitura dos resumos, foram excluídos aqueles que não estavam relacionados à questão de pesquisa, sendo selecionados 18 artigos. Estes foram lidos e avaliados na íntegra e de forma exaustiva, constituindo a etapa de avaliação dos dados. A Figura 1 mostra o fluxograma representativo do processo de seleção dos artigos para a revisão integrativa.

Na etapa de análise e interpretação dos dados, foi elaborado um quadro comparativo, que serviu de instrumento para contemplar as seguintes variáveis: ano da publicação, periódico, título, tipo, autores e nível de evidência dos artigos selecionados.

O nível de evidência é importante para conhecer os diferentes tipos de produção de conhecimento presentes nos artigos selecionados. São eles: Nível I: Evidência decorrente de Revisões Sistemáticas ou Meta-análise de Estudos Randomizados Controlados (RCT's) relevantes, ou evidência decorrente de Guidelines para a prática clínica, baseadas em revisões sistemáticas de RCT's; Nível II: Evidência obtida através de pelo menos RCT; Nível III: Evidência obtida através de um estudo controlado, sem randomização; Nível IV: Evidência obtida através de estudos de caso-controle ou de coorte; Nível V: Evidência obtida através de revisões sistemáticas de estudos qualitativos e descritivos; Nível VI: Evidência obtida através de um único estudo descritivo ou qualitativo; Nível VII: Evidência obtida através da opinião de autores e/ou relatórios de painéis de peritos. Considerando que essa classificação se baseia no tipo de delineamento do estudo e na sua capacidade de afirmar causa e efeito, os níveis I e II são consideradas evidências fortes; III e IV moderadas e de V a VII, fracas (14). O processo de análise dos dados ocorreu por meio da leitura e interpretação dos artigos que foram separados em categorias de acordo com as semelhanças que esses apresentavam conforme Tabela 1.

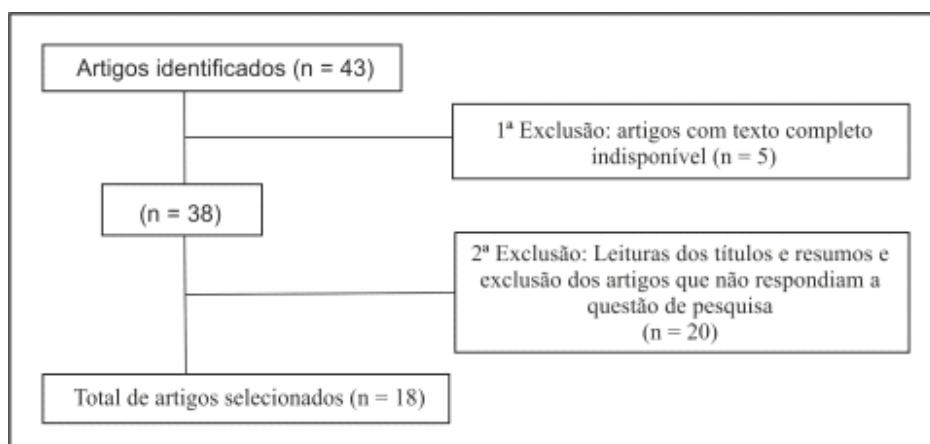


Figura 1 - Fluxograma representativo do processo de seleção dos artigos.

### 3. Resultados e discussão

A Tabela 1 sintetiza as informações disponibilizadas pelos artigos que foram incluídos na revisão da literatura.

Em relação ao ano de publicação, um artigo foi publicado em 2004 (15); cinco artigos, em 2007 (16-20); um, em 2008 (21); três, em 2009 (22-24), três, em 2011 (25-27); dois, em 2012 (28, 29); um, em 2013 (30), um, em 2014 (31) e um, em 2016 (32). Considerando os anos das publicações utilizadas, enfatiza-se a ausência de artigos que tratam da bioética dentro da nanomedicina até o ano de 2004. Apesar de o termo “nanotecnologia” ter sido definido em 1959 por Feynman (33), somente em 1999 surgiram os primeiros artigos relacionando esta temática à bioética. A partir desse ano, observa-se um aumento do interesse nesta área verificado por intermédio do aumento do número de artigos publicados.

Dentre os artigos analisados, não foi possível identificar a formação de cada autor, porém percebeu-se que as áreas estavam voltadas para a medicina, o direito, a bioética e a filosofia, mostrando uma multidisciplinaridade no interesse pelo tema. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que um profissional, ao detectar um problema ético e estar ciente de sua complexidade, percebe a necessidade de analisar e resolver o problema (35). Ao mesmo tempo, a bioética representa um novo tipo de conhecimento científico, que se baseia em procedimentos e métodos de "avanço da experiência", permitindo uma análise teórica e acumulação de novos conhecimentos, estimulação, discussão pública e adoção prática de decisões morais, sendo fundamental em todas as profissões ligadas a nanotecnologia (36).

Quanto ao tipo de estudo, 12 eram revisões narrativas (15-21; 23, 24; 27, 29, 32), uma revisão bibliográfica (28), uma revisão sistemática (26), dois estudos translacionais (22, 25), um transversal/quantitativo (30) e um apenas quantitativo (31). Em relação ao nível de evidência, quatro apresentavam nível V (22, 25, 30, 31); dois, nível VI (26, 28) e 12 nível VII (15-21; 23, 24; 27, 29, 32); sendo todos considerados fontes de evidência fraca.

O conteúdo dos artigos selecionados para a revisão foi analisado e os resultados foram agrupados e discutidos em duas categorias: “Os impactos da nanotecnologia na saúde” e “As questões bioéticas envolvidos na nanotecnologia”.

### Os impactos da nanotecnologia na saúde

Nesta categoria, foram contemplados oito artigos (Tabela 1). As novas visões sobre ciência: nanotecnologia, biotecnologia, bioinformática e ciência cognitiva, ou seja, a integração dessas tecnologias incorpora uma noção mais apropriada de ciência e permite abordar os aspectos éticos da medicina que não foram suficientemente abordados no modelo mais antigo em que todas as ciências eram estudadas de forma separada. Utilizando essa nova visão é possível detectar as áreas em que há necessidade de novas pesquisas que visem contribuir com o indivíduo em um âmbito biopsicossocial (15). Nesse contexto, este trabalho nos permite definir a nanotecnologia como uma revolução clássica, aplicada através da ciência e da engenharia, onde se considera a aplicabilidade desta “nano revolução” inadequada, uma vez que é de suma importância relacionar a ciência com a humanidade, sendo essa relação fundamental para conseguirmos abordar os aspectos éticos na regulamentação apropriada de novas tecnologias.

**Tabela 1.** Estado da arte dos artigos selecionados entre os anos de 2004 a 2016.

Ano	Periódico	Título	Tipo	Autores	Nível de evidência
2004	<u>Annals New York Academy of Sciences</u>	Systems theory and the ethics of human enhancement (15)	Revisão narrativa	Khushf G	VII
2007	Medical Clinics of	The ethical dimensions	Revisão	Bawa R,	VII

2007	North America Journal of Medicine and Philosophy	of nanomedicine (16) Some pitfalls in the philosophical foundations of nanoethics (17)	narrativa Revisão narrativa	Johnson S Dupuy JP	VII
2007	Journal of Long-Term Effects of Medical Implants	Importance of a midterm time horizon for addressing ethical issues integral to nanobiotechnology (18)	Revisão narrativa	Khushf G	VII
2007	Future Medicine Ltd	Upstream ethics innanomedicine: a call for research (19)	Revisão narrativa	Khushf G	VII
2007	Hastings Center Report	“Nanoethics”? What’s New? (20)	Revisão narrativa	Litton P	VII
2008	Perspectives in Biology and Medicine	Health as intra-systemic integrity: rethinking the foundations of systems biology and nanomedicine (21)	Revisão narrativa	Khushf G	VII
2009	Bioethics	Outlining ethical issues in nanotechnologies (22)	Estudo translacional	Spagnolo AG, Daloiso V	V
2009	Bio-Medical Materials and Engineering	Research on the societal impacts of nanotechnology: a preliminary comparison of USA, Europe and Japan (23)	Revisão narrativa	Matsuda M, Hunt G	VII
2009	Journal of Law, Medicine and Ethics	Science, ethics, and the “problems” of governing nanotechnologies (24)	Revisão narrativa	Hogle LF	VII
2011	Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine	Nanomedicine and personalized medicine toward the application of pharmacotyping in clinical practice to improve drug-delivery outcomes (25)	Estudo translacional	Vizirianakis IS	V
2011	Journal Nanopart Research	Designing oversight for nanomedicine research in human subjects: systematic analysis of exceptional oversight for emerging technologies (26)	Revisão sistemática	Wolf SM, Jones CM	VI
2011	Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública	Retos de la bioética en la medicina del siglo XXI (27)	Revisão narrativa	Álvarez- Díaz JA	VII
2012	Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine	Regenerative nanomedicine: ethical, legal, and social issues (28)	Revisão bibliográfica	Glenn LM, Boyce JS	VI
2012	Nature nanotechnology	Lessons from before and after nanotech (29)	Revisão narrativa	Toumey C	VII
2013	Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine	Getting nano tattoos right-A checklist of legal and ethical hurdles	Estudo transversal/ quantitativo	Bennett MG, Naranja RJ	V

for an emerging nanomedical technology (30)					
2014	Clinical Therapeutics	The ethical and legal implications of nanotechnologies: a preliminary survey to picture the perceptions of law students and medical students(31)	Estudo quantitativo	Daloiso V, Ricci G, Minacoril R, Sacchini D, Spagnolo AG	V
2016	Medicine, Health Care and Philosophy	Ethical issues in nanomedicine: tempest in a teapot? (32)	Revisão narrativa	Allon I, Bem-Yehudah A, Dekel R, Solbackk JH, Weltring KM, Siegal G	VII

Em outro estudo, os autores tiveram como objetivo avaliar os impactos sociais da nanotecnologia nos EUA, na Europa e no Japão. Os autores destacam que as corporações industriais, os departamentos governamentais, as Organizações Não Governamentais (ONGs), as organizações internacionais, os grupos de pacientes, o público, os cientistas e outros especialistas, se interessaram por um envolvimento público mais amplo e sistemático sobre a formação de normas, políticas de prevenção de perigos e riscos associados às nanopartículas (23). Paralelamente a isso, em outro estudo, foi verificado que a nanotecnologia apresenta uma oportunidade para pensar em termos transdisciplinares sobre preocupações científicas e sociais, repensar "conhecimentos" sobre o risco e como administrá-lo de forma adequada, e como incorporar análises éticas, sociais e legais na conceituação, planejamento e execução de inovações (24). Apesar de ambos os trabalhos deixarem claro em seus resultados a necessidade do envolvimento público na aplicação e utilização da nanotecnologia através da inserção dos aspectos éticos, os estudos demonstram uma deficiência na discussão sobre aplicação desses aspectos na inserção das normas e na prevenção de riscos relacionados a essa tecnologia emergente.

Já no trabalho de Vizirianakis (2011) (25), avaliou-se que, para obtenção dos benefícios advindos da nanotecnologia aos pacientes, deve haver uma padronização na infraestrutura científica e tecnológica multidisciplinar do sistema de saúde, possibilitando uma abordagem nas questões que afetam o ambiente regulador, as diretrizes de farmacologia clínica, a educação, a bioética e a divulgação de dados (25). A globalização da nanotecnologia tende a fazer com que os profissionais de várias áreas usem uma linguagem em comum, com isso, os estudos e inovações nessa área poderão avançar e impactar positivamente na saúde. Sendo assim, faz-se necessário que haja uma aproximação da bioética com as vantagens da nanotecnologia, sendo esse um modelo eficaz no sistema de saúde.

O estudo realizado por Wolf e Jones (2011) (26) mostrou que há uma problemática para chegar à fase de estudos da nanomedicina em seres humanos devido à dificuldade de esperar, por exemplo, várias décadas para colocar um produto no mercado, devido à necessidade de ensaios pré-clínicos anteriores à fase clínica. Com isso, há um impasse nos esforços para responder adequadamente às ciências emergentes (26). A nanomedicina é uma ciência em crescimento, que vem apresentando muitos resultados

positivos em testes pré-clínicos (37-39), entretanto, para que essa tecnologia seja aplicada de forma ética à sociedade, são necessários avanços na etapa de ensaios clínicos.

A publicação feita por Álvarez-Díaz (2011) (27) demonstrou a evolução histórica da bioética a partir da medicina e as inovações trazidas pela nanotecnologia. No entanto, o uso da nanotecnologia pode não ser ideal para os países emergentes, devido ao custo mais elevado, podendo tornar a aplicação prática impossível (27). Através da reflexão geral da construção da bioética, é possível o enfrentamento dos desafios atuais frente ao avanço científico, e a aplicação dos princípios éticos relacionados a esses avanços.

Outro estudo vem articular questões fundamentais de propriedade intelectual, bioética e criação de dispositivos (sistemas) para a fase pré-clínica e pré-comercialização do desenvolvimento de “nanotattoos”. Esse termo pode ser traduzido como nano tatuagem que representa uma nova tecnologia desenhada a fim de ser implantada na pele com o intuito de fornecer uma detecção de glicose contínua e confiável para diabéticos, apresentando-se como um promissor sistema aplicado à saúde (30). No entanto, apesar da clareza do alto potencial benéfico provindo da nanotecnologia, ainda sim, os obstáculos bioéticos não foram considerados rigorosamente, sendo necessário um apanhado ético mais efetivo, para que seja feita a utilização adequada dos benefícios advindos dessa tecnologia.

E, por fim, o último artigo desta categoria retratou os conhecimentos atuais e opiniões de estudantes de direito e estudantes de medicina sobre nanotecnologias. A comparação dos dois grupos demonstrou que não havia diferença na opinião dos autores, sendo que a maioria se mostrou confiante quanto ao uso de nanotecnologias (31).

### **As questões bioéticas envolvidas na nanotecnologia**

Nesta categoria emergiram dez artigos (16-22, 28, 29, 32, da Tabela 1).

Bawa e Johnson (2007) (16) revelam a dificuldade em se prever como questões éticas relacionadas à nanomedicina irão evoluir nos próximos anos. Contudo, considerações éticas desempenham um papel significativo no desenvolvimento e utilização de intervenções nanotecnológicas em cuidados médicos. Inicialmente, algumas das importantes preocupações éticas continuarão a concentrar-se na avaliação de riscos e na gestão ambiental. Mais tarde, surgirão novas questões éticas e dilemas imprevistos quando o campo avançar e interceptar outras áreas da investigação biomédica. A nanomedicina enfrentará os desafios à medida que passar da prova de conceito para os ensaios pré-clínicos e, posteriormente, clínicos. Nesse contexto, questões éticas sobre justiça social, privacidade, confidencialidade, riscos, benefícios e valorização surgirão a longo prazo. Além disso, destaca-se que os prestadores de cuidados de saúde devem estar prontos para responder a tais questões éticas para si mesmas e serem capazes de abordar essas questões para os seus pacientes. E, por fim, tal pesquisa mostra que o futuro da nanomedicina poderá ser brilhante desde que as questões éticas também sejam obrigações dos profissionais de saúde.

No trabalho de pesquisa realizado por Dupuy (2007) (17), foram esclarecidas algumas questões filosóficas e metafísicas que não são novas, mas que precisam ser levantadas em relação às nanotecnologias, tais como: a artificialização da natureza; a questão dos limites; o papel da religião; a finitude da condição humana como algo com um começo e um fim; a relação entre conhecimento e saber como; e os fundamentos da ética. Mesmo que sejam feitas diferentes análises da nanotecnologia, quanto às causas comuns que afetam a ética regional, as questões antigas filosóficas e metafísicas são o que torna a “nanoética” possível, sendo essas questões primordiais em discussões relacionadas à

bioética dessa tecnologia.

Foi abordada a necessidade de um tempo médio para estabelecer uma relação entre a ética e a nanomedicina onde novos casos de paradigma, padrões e critérios serão necessários para o trabalho de ética de alta qualidade na área da nanotecnologia (18). Levando em consideração que o horizonte temporal da bioética é adotado pela maioria das pesquisas, sendo esses inadequados, é que se faz necessário novos padrões e critérios a uma melhora na qualidade dos trabalhos de bioética aplicada à nanotecnologia.

O pesquisador Khushf (2007) (19) considera que não é dada atenção adequada às questões éticas e sociais inerentes à nanomedicina e deixa claro que a ética faz com que esteja sempre viva a pergunta “O que há de novo em nanotecnologia?”. Parte dessa deficiência decorre de algumas suposições equivocadas sobre ética, tais como: a ética só é importante quando uma tecnologia está madura (ética reacionária); não há novas questões éticas na nanomedicina; a ética envolve um tipo de risco de avaliação já realizada; a ética é um obstáculo para a ciência, e a ética é um luxo para um mundo ideal. As questões éticas levantadas incluem desafios integrantes à formação de equipes interdisciplinares; problemas relacionados à propriedade intelectual, autoria e publicação; desenvolvimento de consentimento e confidencialidade associados a novos conjuntos de dados; desafios futuros à relação clínico-paciente e à medicina personalizada.

As questões éticas previstas para acompanhar nanomedicina e nanotecnologia (por exemplo, segurança, justiça e privacidade) são levantadas pela medicina, biotecnologia, genética e outras tecnologias e exigirão o equilíbrio de valores familiares: autonomia, beneficência, justiça etc (20). A atenção ética deve concentrar-se nos estudos sobre segurança e meio ambiente e preparar-se para consequências imprevisíveis, enquanto a comunidade científica deve preparar um diálogo público.

A necessidade de encontrar um ideal para uma nova medicina preventiva baseada na ciência é relatada por Khushf (2008) (21). Esse ideal deve considerar que questões como doença, causa, explicação, diagnóstico e tratamento são compreendidos dentro da medicina preventiva e deve ser dada atenção especial ao papel da nanociência. Portanto, há algumas deficiências nos sistemas atuais ideais havendo a necessidade de se integrar uma análise ética mais atenta aos fatores socioeconômicos, culturais e institucionais que condicionam a forma como se entende e gerencia a doença.

O artigo publicado por Spagnolo e Dalloso (2009) (22) mostra que as aplicações das nanotecnologias, como qualquer outro campo emergente, implicam novas possibilidades para melhoria da saúde. Entretanto, muitas dessas tecnologias ainda estão em estágio experimental e, portanto, devem ser implementadas sob rigorosos testes de segurança antes da sua utilização pela população em geral.

Os avanços na nanomedicina regenerativa levantam uma série de questões éticas, legais e sociais que os prestadores de cuidados de saúde e cientistas terão que considerar. Essas questões e preocupações incluem definições, aplicações adequadas, dupla utilização, potenciais de riscos, regulamentações e acesso (28).

Toumey (2012) (29) se contrapõe a todas as leituras realizadas até então ao abordar que há características comuns nas questões éticas, biotecnológicas, nanotecnológicas e da biologia sintética, porém cada uma deve ser vista de forma individual. Tal pesquisador se opõe, ainda, às novas tecnologias, salientando que os riscos emergentes advindos da mesma são desconhecidos e, portanto, acabam por serem injustos com os indivíduos que utilizam essa nova tecnologia sem o conhecimento dos seus malefícios, tornando-os desagradáveis. No entanto, acredita-se que, por ser uma tecnologia pouco explorada, é difícil concordar com este olhar, sendo preciso maior flexibilidade frente



aos estudos já publicados nesta área.

E, por fim, a nanomedicina é tecida dentro de outras disciplinas médicas e as questões éticas associadas a ela se sobrepõem e se entrelaçam com preocupações éticas já existentes. Apesar da complexidade, é difícil identificar um dilema ético que seja estritamente exclusivo da nanomedicina (32). Contudo, é preciso discutir as questões éticas relacionadas à nanomedicina e refletir se a mesma gera desafios éticos de natureza nova e única com o intuito de auxiliar no avanço da saúde sem interferir na segurança do paciente.

#### 4. Considerações finais

Esta revisão identificou as produções que abordavam a nanomedicina e a bioética na base de dados MEDLINE. A maioria dos artigos foram publicados em 2007, 2009 e 2011, sendo o número de publicações considerado limitado, embora haja um crescente interesse científico pelo tema.

A partir da análise dos artigos, buscou-se verificar questões relativas acerca da nanomedicina e da bioética, verificou-se que deve ser levado em consideração os aspectos relevantes, tais como os princípios da bioética, ressaltando-se a dignidade humana, para além de um modesto risco ambiental, dada a limitação no uso, em razão do alto custo envolvido.

Já os resultados de um estudo quantitativo apontam para a reflexão sobre questões éticas como forma de definição de novas estratégias. Ainda, merece destaque a constatação de que, apesar dos benefícios da nanomedicina, faz-se necessário um aprofundamento em estudos acerca dos riscos e segurança dessas novas nanotecnologias. Alguns autores utilizam da filosofia para concluir que, apesar da nanotecnologia ter sido considerada uma realidade ilusória, atualmente, por seu caráter emergente, alçou um status de realidade material. Ademais, frisa-se o aumento de investimento em pesquisas em nanomedicina, o que se verificou a partir do estudo feito neste artigo, que traz, ainda, um levantamento de questões éticas e sociais inseridas em tais contextos. Por fim, verifica-se um alto investimento de capitalistas de risco e outros investidores, ressaltando a magnitude da pesquisa em nanomedicina e projetando a grandiosidade da área.

É importante, no entanto, que esses avanços na assistência médica não venham à custa de justiça, segurança ou compreensão básica do que significa ser um ser humano saudável. Em última instância, os interesses públicos e políticos para os regulamentos precisam ser cuidadosamente equilibrados com os interesses dos cientistas e das empresas para a ciência e seus esforços tecnológicos.

Por tudo isso, conclui-se que a nanomedicina traz à tona muitas questões de natureza ética, quanto ao seu uso, suas aplicações e até mesmo suas consequências para a sociedade e o meio ambiente. Ainda se fazem necessários maiores pesquisas e compreensão do assunto, para que a nanotecnologia avance em todas as áreas do conhecimento, auxiliando as presentes e futuras gerações.

**Conflito de interesses:** Os autores declaram não haver conflito de interesses.

#### Referências

1. Emerich DF, Thanos CG. Nanotechnology and medicine. *Expert Opin Biol Ther.* 2003; 3 (4): 655-663.
2. Sahoo SK, Parveen S, Panda JJ. The present and future of nanotechnology in human health care.

*Nanomedicine*. 2007; 3: 20-31.

3. Zanetti-Ramos BG, Creczynski-Pasa T B. O desenvolvimento da nanotecnologia: cenário mundial e nacional de investimentos. *Rev. Bras. Cienc. Farm.*2008; 89: 95-101.
4. Wagner V, Dullaart A, Bock AK, Zweck A. The emerging nanomedicine landscape. *Nat. Biotechnol.* 2006; 24 (10): 1211-1217.
5. Boulaiz H, Alvarez PL, Ramirez A, Marchal JA, Prados J, Rodriguez-Serrano F, et al. Nanomedicine: application areas and development prospects. *Int J Mol Sci.* 2011; 12: 3303-3321.
6. Lechuga LM. Nanobiotecnología: herramientas diagnósticas y terapéuticas. In: Bueren J, Motellon JL. *Curso de biotecnología aplicada*. Spain: Edikamed; 2010. p. 98-112.
7. Cancino J, Marangoni VS, Zucolotto V. Nanotecnologia em medicina: aspectos fundamentais e principais preocupações. *Quim Nova* 37 (3): 521-526, 2014.
8. Spagnolo AG, Daloiso V. Outlining ethical issues in nanotechnologies. *Bioethics* 2009; 23 (7): 394-402.
9. Maruse H. A responsabilidade da ciência. *Scientia Zudia*. 2009; 7 (1): 159-164.
10. Potter VR. Credo bioético. *Revista Bioethikos* 2011; 5 (3): 345.
11. Bawa R, Johnson S. The ethical dimensions of nanomedicine. *Med Clin North Am.* 2007; 91: 881-887.
12. Souza MT de, Silva MD da, Carvalho R de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein*. 2010; 8: 102-106.
13. Soares LS, Rodrigues LDCV, Martins LN, Silveira FDR da, Figueiredo MLF. Literature review: particularities of each type of study. *Rev. Enferm. UFPI*. 2013; 2 (spe): 14-18.
14. Melnyk BM, Fineout-Overholt E. Making the case for evidence-based practice. In: Melnyk BM, Fineout-Overholt E. *Evidence-based practice in nursing & healthcare: a guide to best practice*. Philadelphia: Lippincot Williams & Wilkins; 2011. p. 3-24.
15. Khushf G. Systems theory and the ethics of human enhancement: a framework for NBIC convergence. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2004; 1013 (1): 124-149.
16. Bawa R, Johnson S. The ethical dimensions of nanomedicine. *Med. Clin. North America*. 2007; 91 (5): 881-887.
17. Dupuy JP. Some pitfalls in the philosophical foundations of nanoethics. *J Med Philos.* 2007; 32 (3): 237-261.
18. Khushf G. Importance of a midterm time horizon for addressing ethical issues integral to nanobiotechnology. *J Long Term Eff Med Implants*.2007; 17 (3): 185-191.
19. Khushf G. Upstream ethics in nanomedicine: a call for research. *Nanomedicine*. 2007; 2 (4): 511-521.
20. Litton P. "Nanoethic"? What's New?. *Hastings Cent Rep*.2007; 37 (1): 22-25.
21. Khushf G. Health as intra-systemic integrity: rethinking the foundations of systems biology and nanomedicine. *Perspect Biol Med*. 2008; 51 (3): 432-449.
22. Spagnolo AG, Daloiso V. Outlining ethical issues in nanotechnologies. *Bioethics*. 2009; 23 (7): 394-402.
23. Matsuda M, Hunt G. Research on the societal impacts of nanotechnology: a preliminary comparison of USA, Europe and Japan. *Biomed Mater Eng*. 2009; 19 (2-3): 259-267.
24. Hogle LF. Science, ethics, and the "problems" of governing nanotechnologies. *J Law Med Ethics*.2009; 37 (4): 749-758.
25. Vizirianakis IS. Nanomedicine and personalized medicine toward the application of pharmacotyping in clinical practice to improve drug-delivery outcomes. *Nanomedicine*. 2011; 7 (1): 11-17.
26. Wolf SM, Jones CM. Designing oversight for nanomedicine research in human subjects: systematic analysis of exceptional oversight for emerging technologies. *J Nanopart Res*. 2011; 13 (4): 1449-1465.
27. Álvarez-Díaz JA. Retos de la bioética en la medicina del siglo XXI. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2011; 28 (4): 657-663.
28. Glenn LM, Boyce JS. Regenerative nanomedicine: ethical, legal, and social issues. *Methods Mol Biol*. 2012; 811: 303-316.
29. Toumey C. Lessons from before and after nanotech. *Nat Nanotechnol*. 2012; 7: 611-612.

30. Bennett MG, Naranja RJ. Getting nano tattoos right - A checklist of legal and ethical hurdles for an emerging nanomedical technology. *Nanomedicine*. 2013; 9 (6): 729-731.
31. Daloiso V, Ricci G, Minacoril R, Sacchini D, Spagnolo AG. The ethical and legal implications of nanotechnologies: a preliminary survey to picture the perceptions of law students and medical students. *Clin Ter*. 2014; 165 (2): 109-114.
32. Allon I, Bem-Yehudah A, Dekel R, Solbackk JH, Weltring KM, Siegal G. Ethical issues in nanomedicine: tempest in a teapot? *Med Health Care Philos*. 2016; 1-9.
33. Feynman R. There's a plenty of room at the bottom: an invitation to enter a new field in physics. *Engineering and Science*. 1960; 22-36.
34. Rasmussen AJ, Ebbesen M. Why should nanoscience students be taught to be ethically competent? *Sci Eng Ethics*. 2014; 20 (4): 1065-1077.
35. Nezhmetdinova F. Global challenges and globalization of bioethics. *Croat Med J*. 2013; 54 (1): 83-85.
36. Adebamowo CA. West African bioethics training program: raison d'être. *Afr. J. Med. Med. Sci*. 2007; 36 (suppl): 35-38.
37. Tzeng SY, Green JJ. Therapeutic nanomedicine for brain cancer. *Ther Deliv*. 2013; 4 (6): 1-29.
38. Godin B, Ferrari M. Cardiovascular nanomedicine: a posse ad esse. *Methodist Debakey Cardiovasc J*. 2012; 8 (1): 2-5.
39. Venditto VJ, Szoka FC. Cancer nanomedicines: so many papers and so few drugs! *Adv. Drug Deliv. Rev*. 2013; 65 (1): 80-88.