

## **HOLOGRAFÍA Y REALIDAD VIRTUAL EN LA ENSEÑANZA DE NANOTECNOLOGÍA: NUEVOS HORIZONTES DIRIGIDO A EDUCACIÓN SECUNDARIA**

## **HOLOGRAPHY AND VIRTUAL REALITY IN THE TEACHING OF NANOTECHNOLOGY: NEW HORIZONS AIMED AT HIGH SCHOOL**

**Allan V. Ribeiro<sup>1</sup>, Gabriela C. Godoy<sup>1</sup>, Luiz Belini Neto<sup>1</sup>, Moacir P. de Souza- Filho<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de São Pablo, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista UNESP, Brasil.

(Recibido: Noviembre/2017. Aceptado: Enero/2018)

### **Resumen**

El uso casi inseparable de los recursos tecnológicos en las dimensiones sociales, profesionales y afectivas, sugieren un nuevo proceso de resignificación sociocultural y cognitiva. Tales desarrollos ganan notoriedad con el advenimiento de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación (NTIC), trayendo nuevos horizontes para las prácticas educativas. Las NTIC en el futuro se basará en tecnologías emergentes, que en propuestas educativas permitirán integrar y articular saberes de diferentes áreas del conocimiento de una manera interdisciplinar. Estas tecnologías disruptivas tienden a proporcionar avances significativos en áreas, tales como: tecnología de la información, la holografía, nanotecnología, biotecnología, ciencias cognitivas, robótica e inteligencia artificial. Entre esta gama de posibilidades, incluye tecnologías capaces de expresar representaciones de la realidad o la imaginación, a veces de difícil abstracción. En este contexto, la holografía y la realidad virtual congregan supuestos metodológicos que actúan de forma activa y que motivan, con alto poder de ilustración y de la interactividad. Este trabajo presenta los resultados sobre el uso de la holografía y realidad virtual para la enseñanza de conceptos de nanociencia y nanotecnología (N&N) en la educación secundaria. Metodológicamente este trabajo fue desarrollado con lo uso de estas tecnologías para la enseñanza de N&N en eventos científicos en el período entre 2015 y 2017. Los resultados muestran que los elementos interactivos de estas

tecnologías pueden potenciar y corroborar para el aprendizaje significativo de conceptos relacionados con N&N y que son difíciles para la abstracción de los estudiantes.

**Palabras Clave:** Tecnologías emergentes, realidad virtual, holografía, NTICs.

### **Abstract**

Use almost inseparable from the technological resources in social, professional and emotional dimensions, suggest a new process of sociocultural and cognitive resignification. Such developments gain notoriety with the advent of new technologies of information and communication (NTIC), bringing new horizons for educational practices. ICTs in the future will be based on emerging technologies that will integrate and articulate knowledge from different areas of knowledge in an interdisciplinary manner in educational proposals. These disruptive technologies tend to provide significant advances in areas such as: technology information, holography, nanotechnology, biotechnology, cognitive science, robotics and artificial intelligence. Among this range of possibilities, including technologies capable of express representations of reality or imagination, sometimes difficult to abstraction. In this context, holography and virtual reality meet methodological assumptions that act in an active way and that motivate, with high power of illustration and interactivity. This paper presents the findings on the use of holography and virtual reality for the teaching of concepts in nanoscience and nanotechnology (N&N) in secondary education. Methodologically, this work was developed with use of these technologies for the teaching of N&N in scientific events in the period between 2015 and 2017. The results show that the interactive elements of these technologies can enhance and corroborate to the meaningful learning of concepts related to N&N, and which are difficult for the abstraction of the students.

**Keywords:** Emerging technologies, virtual reality, holography, NTICs.

### **Introducción**

En la sociedad contemporánea, los avances científicos han permitido el uso de la tecnología incorporada casi inextricablemente en las dimensiones sociales, profesionales y afectivas. En la educación, estas reflexiones no podrían ser diferentes y sus desarrollos asociados con el impacto de este avance se hace tanto efectivo como estructurales y de proceso de resignificación sociocultural y cognitiva. Inmerso en todas las instituciones,

definen nuevos horizontes y consecuentemente nuevos paradigmas dentro del contexto educativo. En este contexto, los dispositivos tecnológicos conducen nuestras actividades y afectan el pensamiento, acción, sentimiento, razonamiento así como median en las relaciones con personas [1].

Con respecto a las tecnologías emergentes, es posible denotarlas como tecnologías disruptivas, ya que proporciona importantes avances en un campo determinado o que impactan varias áreas del conocimiento. Entre estas nuevas tecnologías se incluyen avances enfocados en tecnología de la información, la holografía, nanotecnología, biotecnología, ciencias cognitivas, robótica e inteligencia artificial.

Entre esta gama de posibilidades, se incluyen tecnologías capaces de expresar representaciones de la realidad o la imaginación, a veces de difícil abstracción. En este contexto incluyen Realidad Virtual (RV) y la holografía, que son técnicas que permiten al usuario visualizar y comprender conceptos abstractos inaccesibles para el ojo humano, es decir, los conceptos relacionados con el nanomundo, como la nanotecnología, por ejemplo.

### **Conceptos básicos sobre la realidad virtual y la holografía**

La holografía es una de las ramas más importantes de la óptica moderna y ha dado lugar a un gran número de aplicaciones científicas y tecnológicas y ha proporcionado técnicas que pueden utilizarse en varias áreas del conocimiento, incluyendo áreas relacionadas con la educación, arte y comunicación visual [2].

Introducido por Dennis Gabor en 1948, la holografía es un método de recuperación integral de la información relacionada con el campo de irradiación generalizada de un objeto real, es decir, es un registro de los patrones de interferencia de la luz, que permite obtener imágenes ópticas tridimensionales de distintos objetos [3].

Samain (2005) señala que el holograma produce una sensación de estar frente a otra realidad: la hiperrealidad sensible de las formas visuales dotadas de efectos tridimensionales que surgen en el espacio holográfico [5]. El carácter referencial del holograma es dado por su capacidad de registro y documentación de la realidad, como sucede a menudo con la fotografía y, aquí, la "tridimensionalidad" de la imagen holográfica.

Brum (2014) señala que la holografía también puede considerarse una forma de realidad aumentada (RA), ya que es la proyección de objetos virtuales en un entorno real. En la RA es necesario un medio de visualización del objeto proyectado. En la holografía, la proyección de imágenes virtuales en

realidad sucede en el mundo real y estas imágenes se pueden ver sin el uso de dispositivos que permiten esto. El uso y aplicaciones de hologramas es extenso y puede enriquecer y facilitar las actividades cotidianas además de ayudar en diversas áreas, como la académica, comercial, comunicaciones y medicina [5].

Los aspectos relacionados con el acto de simular, en tiempo real, ambientes tridimensionales interactivos (reales o imaginarios), ofrece en el contexto de la holografía y de Realidad Virtual (RV) y aumentada, concretas posibilidades para romper las barreras sensoriales e intuitivas del mundo real posibilitando así el acceso, por medio de entornos virtuales e interfaces interactivas a diferentes experiencias sensoriales inusuales [6, 15]. Así realidad virtual puede ser concebido como una experiencia inmersiva, interactiva, estructurada y presentada por medio de imágenes gráficas generadas en tiempo real por computadora y apuntado por Rivoltella (2008) como "un mundo de objetos artificiales (como el generado por la computadora) en el que es posible emerger" [7].

En cuanto a las cuestiones destinadas a educación, el uso de la holografía articulado con las nuevas tecnologías de información y comunicación (NTIC) se traduce con una poderosa herramienta de enseñanza. El potencial asociado al uso de imágenes holográficas permite prácticas de enseñanza innovadoras para abordar los conceptos teóricos relacionados con las diversas disciplinas, en particular las relacionadas con ciencias naturales, ya que requieren un alto grado de abstracción de los estudiantes [8]. En estos ambientes, los estudiantes podrían interactuar con elementos virtuales, despertando su interés en el contenido y permitiendo mayor amplitud en el análisis de los detalles [5].

Según Braga (2001), el avance tecnológico viene posibilitando a los ordenadores personales llegar a ser cada vez más rápidos, haciendo que la Realidad Virtual deje de ser objeto de estudio solamente de los grandes centros de investigación, pasando a ser utilizada también, por usuarios normales [9]. Se destaca que esta democratización del acceso a nuevas tecnologías, corrobora para permitir la inserción de la mismas en el ambiente escolar, fomentando y fortaleciendo enfoques innovadores y, consecuentemente, resignificando aspectos volcados a las cuestiones relativas a la enseñanza y aprendizaje.

Asociadas a propuestas educativas, la realidad virtual se presenta como un recurso diferenciado para fomentar estrategias de educación innovadoras, pudiendo ser insertada en diferentes contextos y espacios educativos. Para Goldfish et al (2010), el papel desempeñado por la tecnología requiere una nueva calificación de maestro, porque el profesor es el elemento clave para desencadenar el proceso de introducción de NTIC en el contexto escolar [10].

En la enseñanza de las ciencias, las intervenciones didácticas fructíferas están contemplando el uso de Holografía, imágenes 3D , Realidad Virtual y Aumentada vienen siendo relatadas en la literatura [11-14].

La realidad virtual tiene el potencial de desempeñar un papel importante en la enseñanza, aunque en la realidad brasileña y la ausencia de esta innovación en los planes de estudio, la realidad virtual se ha presentado "más como un medicamento que como una cura" para los problemas educativos. Desde el momento en que educadores aprendan más sobre nuevas tecnologías y entiendan cómo la gente aprende con el proceso interactivo, ciertamente, tenemos un futuro prometedor [16].

Algunos autores de este trabajo, han desarrollado trabajos en el sentido de la inserción de la nanotecnología en la educación secundaria [17] [18] [19] [20] [21] y [22] como otros autores [23]. En este contexto el presente trabajo trae contribuciones acerca de las potencialidades de la enseñanza de conceptos de nanociencia, provenientes de la articulación entre elementos relacionados a la realidad virtual, holografía y NTICs.

Ribeiro (2016) señala que los nuevos recursos provenientes del avance de las tecnologías asociadas a la realidad virtual y su articulación con plataformas de modelado y simulación computacional, son capaces de expresar representaciones de la realidad o de la imaginación, tales como sistemas a escala nanométrica y baja dimensionalidad [17]. En general, estos sistemas no son intuitivos y sus representaciones pictóricas para propuestas educativas son muy simplificadas y reduccionistas y a menudo no coinciden con el tema tratado en entornos de investigación. Con el advenimiento de la realidad virtual, con la inmersión, la transposición didáctica gana un paso significativo hacia enfoques educativos [24].

En este contexto, la holografía y la realidad virtual congregan supuestos metodológicos que actúan de forma activa y que motivan, con alto poder de ilustración e interactividad. Este trabajo presenta los resultados sobre el uso de la holografía y realidad virtual para la enseñanza de conceptos de nanociencia y nanotecnología en la educación secundaria en eventos científicos realizados en el período entre 2015 y 2017.

## **Metodología**

Este artículo relata actividades de divulgación e investigación desarrolladas por la respectiva institución y que se realizaron entre el período de 2015 y 2017. A lo largo de estos años el Instituto Federal de São Paulo promovió la visita de las escuelas y la comunidad en las dependencias del campus Birigui, así como ha realizado ferias de ciencias y conferencias en diversas escuelas públicas de la región.

El objetivo central de estas actividades fue el de divulgar los conceptos relativos al nanomundo por medio de la representación de nanoestructuras utilizando las técnicas de realidad virtual y holografía, dirigidas a estudiantes de la educación secundaria. Dos de los autores del artículo son integrantes de Red NANODYF "José Roberto Leite" de Divulgación y Formación en Nanotecnología y han trabajado para diseminar este conocimiento a la comunidad en general.

Metodológicamente, el trabajo se llevó a cabo entre 2015 y 2017 en cuatro escuelas públicas de educación secundaria del estado de São Paulo, Brasil. Las actividades y secuencias didácticas se han desarrollado y aplicado por alumnos que reciben becas del proyecto PIBID y del Instituto Federal de São Paulo. Las actividades, se desarrollaron con un total de mil quinientos estudiantes.

Desde un punto de vista técnico para las pruebas de inmersión y la creación de entornos tridimensionales, se utilizó una workstation DELL PRECISION y cuatro CPU-AMD 3.80 GHz. Además de la estructura del laboratorio, se utilizaron dos gafas Google Cardboard (con control magnético), dos Samsung Gear VR y Smartphone Samsung Galaxy Note 4. Los softwares utilizados para la modelación de entornos eran en su mayoría software libre. La plataforma de desarrollo tecnológico y herramientas necesarias para el diseño y creación de entornos inmersivos de realidad virtual, fueron basadas en el software VMD (Visual Molecular Dynamics), Avogadro y Xcrysden.

Se resalta que el Instituto Federal de São Paulo - IFSP, campus de Birigui, cuenta con laboratorios sofisticados para el estudio de estas técnicas. Este espacio interdisciplinario denominado LIFENano/IFSP (Laboratorio Interdisciplinario de Formación de Educadores en Nanociencia y Nanotecnología del IFSP) ha investigado e introducido metodologías innovadoras, principalmente con el objetivo de aplicarlas en pro de la enseñanza de nanotecnología. En la Figura 1 se presentan las dependencias del LIFENano/IFSP.



FIGURA 1: Dependencias del LIFENano/IFSP, infraestructura y sala de desarrollo de las acciones relacionadas con RV y Holografía.

## Resultados y discusión

Los sistemas modelados se basaron en alótropos de carbono, en el caso, el nanotubo de carbono, grafeno y fullereno. Posteriormente se realizó la compatibilidad de estos sistemas para la utilización de técnicas inmersivas de realidad virtual, compatibles con herramientas basadas en la tecnología Google Cardboard, el objetivo de establecer articulaciones entre los ambientes creados con las prácticas pedagógicas.

Los resultados que se han alcanzado hasta el momento, comprenden la manipulación de moléculas en 3D con las gafas de realidad virtual, vistas de imágenes y vídeos 3D, creaciones de moléculas a partir del software Pymol y VMD y creaciones de videos de las moléculas. La creación de vídeos específicos para 360° está siendo investigada con mayor profundidad para obtener mejores resultados en el momento de reproducción gráfica en el entorno del Samsung Gear VR. Estos entornos se muestran en la Figura 2.

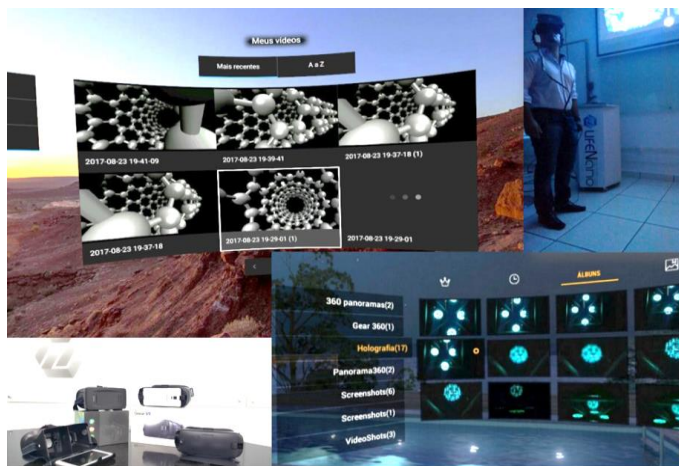


FIGURA 2: Gafas de Realidad Virtual Samsung Gear VR y sus respectivos ambientes de trabajo con las nanoestructuras.

En la Figura 3 se presenta la pirámide holográfica desarrollada, donde por medio de proyecciones, el usuario tiene la nítida impresión de que hay una imagen dentro de la pirámide, flotando, con movimientos y animaciones gráficas desarrolladas de manera personalizada. Al hacer el uso de esta técnica, se articuló la construcción y utilización de pirámides holográficas 3D, con el desarrollo de elementos gráficos relacionados con la temática de la nanociencia y la nanotecnología, aplicándolos a la enseñanza. En el sistema desarrollado fue posible visualizar la proyección de cualquier objeto 3D y animaciones. En la figura 4 se muestra la proyección de un nanotubo de carbono en 3D utilizando una pirámide construida para smartpho



FIGURA 3: Pirámide holográfica y esquema de proyección de las nanoestructuras.



FIGURA 4: Pirámide holográfica para smartphone y esquema de proyección de las nanoestructuras.

Entre 2015 a 2017 se realizaron siete eventos científicos. Siendo tres Semanas de la Nanotecnología realizadas en la escuela estatal Profa. Regina Valarine Vieira (2015-2017), dos conferencias en divulgación en la escuela estatal Prof. Enzo Bruno Carramaschi (2017) y dos Semanas Nacionales de Ciencia y Tecnología (SNCT) organizadas en el IFSP Câmpus Birigui en los años 2016 y 2017, evento este en que el instituto "abrió las puertas a la comunidad" para que pudieran conocer sus dependencias, laboratorios y cursos ofrecidos por la institución.

Estos acontecimientos recientes destacados el IFSP recibe la visita de varias escuelas públicas en el estado de São Paulo, y en particular, en el año 2017, la escuela estatal "Urubupungá" situada en Ilha Solteira, SP, fue traída por el profesor e investigador a cargo de la UNESP/Ilha Solteira, junto con los profesores de la escuela y la escuela estatal "Felício Tarabay", ubicado en la ciudad de Tarabai/SP, que fue traído por un profesor y el investigador responsable Unesp/Presidente Prudente, junto con profesores y Coordinador pedagógico de la escuela.





FIGURA 5: *Uso de la realidad virtual con inmersión para alumnos de la escuela secundaria para la enseñanza de N & N en las dependencias del LIFENano/IFSP.*



Figura 6: *Uso de la holografía y realidad virtual con inmersión para alumnos de la escuela secundaria y primaria para la enseñanza de N & N en las dependencias del LIFENano/IFSP.*

En las Figuras 5 y 6 se evidencian las actividades realizadas en la Semana Nacional de Ciencia y Tecnología en el año 2016, donde las escuelas públicas visitaron las dependencias y laboratorios del IFSP Câmpus Birigui. Se muestra también la conferencia de divulgación a cabo en la Escuela Estatal Prof. Enzo Bruno Carramaschi, realizada en 2017.

En las presentaciones realizadas se observó un gran interés de los estudiantes y del público en general en la concepción tridimensional de las

nanoestructuras presentadas por medio de las proyecciones holográficas y con la utilización de los anteojos de realidad virtual.

## **Conclusiones**

La investigación tiene carácter exploratorio e innovador y es fruto de la articulación entre elementos relacionados con la holografía y las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación. En este sentido se están desarrollando intervenciones articuladas con los becarios del Programa Institucional de Beca de Iniciación a la Docencia (PIBID). Estas deben permitir que los alumnos experimenten los conceptos de nanociencia de una forma diferente y creativa. En este sentido, se busca proporcionar una concepción diferenciada para aprender ciencia, armonizando aspectos motivacionales e interactivos con el aprendizaje significativo de conceptos relacionados con la nanociencia.

Los resultados fructíferos se han logrado permitiendo la visualización de imágenes y vídeos en 3D, favoreciendo la interacción de los alumnos con el universo de la nanociencia a través de una experiencia inmersiva, proactiva y motivadora, en sinergia con alto poder de ilustración e interactividad de la herramienta.

En el curso de este trabajo se realizaron charlas y presentaciones donde se nota gran curiosidad y entusiasmo por parte del público en relación con el contacto con las gafas y uso de la realidad virtual para la visualización de las nanoestructuras.

Destacamos algunos aspectos positivos relacionados con el uso de realidad virtual y holografía en el contexto educativo, tales como, el alto poder de ilustración e interactividad, en general relacionadas con la concepción tridimensional de las nanoestructuras presentadas. Desde el punto de vista metodológico estos elementos pueden traducirse en una estrategia de enseñanza útil para el aprendizaje de los *nanoconceptos*.

Como utilizamos la realidad virtual y elementos de holografía en eventos científicos destacamos que, metodológicamente es necesario un planeamiento bien elaborado para la utilización de estas herramientas en intervenciones relacionadas directamente con el contenido escolar, principalmente a los temas dirigidos a la ciencia contemporánea como la N&N.

## **Agradecimientos**

El presente trabajo se realizó con apoyo de los programas PIBIFSP, LIFE y PIBID. Los autores agradecen la colaboración de los estudiantes Matheus Borges Tereza, Felipe Alexandre Souza, Mario Eduardo Alves Mari, Luis Amarante Versa y Stephanie Campos por las contribuciones. Al Instituto

Federal de São Paulo y al curso de Licenciatura en Física del IFSP Câmpus Birigui.

## Referencias

- [1] DORIGONI, G. M. L.; SILVA, J. C.. Mídia e Educação: o uso das novas tecnologias no espaço escolar. 2007.
- [2] BELENDEZ, A. Holografía: ciencia, arte y tecnología. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 31, n. 1, p. 1602.1-1602.16, 2009.
- [3] TOLEDO, R. S. et al. El holograma y su utilización como un medio de enseñanza de la física en ingeniería. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 31, n. 1, p. 1401.1-1401.12, 2009.
- [4] SAMAIN, E. (org.). O fotográfico. 2.<sup>a</sup> ed. São. Paulo: SENAC, 2005.
- [5] BRUM, M. R., RIEDER, R. Projeção Holográfica em Ambientes de Realidade Virtual. Tendências e Técnicas em Realidade Virtual e Aumentada, v. 4, p. 69-81, 2014.
- [6] TORI, R., KIRNER, C., SISCOOTTO, R. (2006). Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Belém, PA: Pré Simpósio - VIII Symposium on Virtual Reality.
- [7] RIVOLTELLA, P. C. A formação da consciência civil entre o “real” e o “virtual” In: FANTIN, M.; GIRARDELLO, G. (Org.). Liga, roda, clica: estudos em mídia, cultura e infância. Campinas: Papirus, 2008. p. 41-56.
- [8] ANDRIOLA, W. B., CAVALCANTE, L. R. Avaliação do raciocínio abstrato em estudantes do ensino médio. Estud. psicol. (Natal) [online]. 1999, vol.4, n.1, pp. 23-37.
- [9] BRAGA, M. Realidade virtual e educação. Revista de Biologia e Ciências da Terra, Paraíba, v. 1, n. 1, jan./jun. 2001.
- [10] PEIXINHO, K. F. M.; PEREIRA, M. B.; SANTOS, S. M. M.. As Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) nos processos de construção das práticas docente: a utilização didática de recursos tecnológicos. In: IV Colóquio Internacional “Educação e Contemporaneidade”. Laranjeiras/SE, 2010.
- [11] SILVA, L. F. ; CARDOSO, A. ; MENDES, E. B.; LAMOUNIER, E.; TAKAHASHI, E. K.; ZORZAL, E. R.; ROCHA, M. . Realidade Virtual e Ferramentas Cognitivas Usadas como Auxílio para o Ensino de Física. RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação , v. 6, p. 8, 2008.
- [12] VIEGAS, M. A. C.; VIEIRA, M. B.; SILVA, R. L. S. Ferramenta de Apoio ao ensino de Física utilizando Realidade Aumentada. Revista Brasileira de Informática na Educação, v. 20, n. 2, p. 60-73, 2012.
- [13] SANTOS, L. P. A. ; PALACIO, R. F. ; TOLEDO, S. S. ; FREIRE, M. L. F. A Realidade Virtual Aumentada e Holografia como Elementos

- Motivadores no Ensino de Óptica. In: II Encontro de Educação, Ciências e Tecnologia da UEPB, Campina Grande-PB. 2015.
- [14] OLIVEIRA, L. D.; MANZANO, R. C. Aplicações de realidade aumentada no ensino de Física a partir do software LAYAR. *RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação*, v. 14, p. 1-10, 2016.
- [15] KIRNER, C.; TORI, R. Fundamentos de Realidade Aumentada. In: *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. p. 22-38. Porto Alegre: editora SBC, 2006.
- [16] CARDOSO, A.; LAMOUNIER JUNIOR, E. A. Realidade Virtual na Educação e Treinamento. In: Romero Tori; Cláudio Kirner. (Org.). *Realidade Virtual – Conceitos e Tendências*. 1ª. ed., São Paulo – SP: Editora Mania do Livro, 2006, v. 01, p. 259-265.
- [17] RIBEIRO, A. V.; TEREZA, M. B.; SOUZA, F. A.; SOUZA FILHO, M. P. Modelagem e simulação computacional e as potencialidades da realidade virtual associadas ao ensino da nanociência e nanotecnologia. *Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação*, v. 2, p. 1-10, 2016.
- [18] RIBEIRO A. V.; SOUZA FILHO M. P.; BRUNO-ALFONSO A. Propuestas para introducción de Nanociencia y Nanotecnología en escuelas preuniversitarias. *Revista Digital Universitaria*, Vol. 14, (2013) p. 1-13.
- [19] RIBEIRO, A. V.; SOUZA FILHO, M. P. Proyecto de ambientes innovadora de enseñanza y la propuesta del laboratorio de formación interdisciplinar de educadores en Nanociencia y Nanotecnología - LIFENano/IFSP Momento (*Revista de Física*), nº 49E, (2015). p. 38-48.
- [20] RIBEIRO, A. V.; SOUZA FILHO, M. P. BRUNO ALFONSO, A. Formación en Nanotecnología para la educación secundaria: acciones y perspectivas del proyecto LifeNano-IFSP. Momento (*Revista de Física*), nº 51E, (2016). p. 17-31.
- [21] RIBEIRO, A. V.; GHIRARDELLO, D., AMARANTE, L. C.; BRUNO ALFONSO, A.; SOUZA FILHO, M. P. El juego caza-nano y la enseñanza de nanoconceptos: actividades lúdicas en la educación secundarias. Momento (*Revista de Física*), nº 54E, (2017). p. 79-89.
- [22] SOUZA FILHO, M. P., RIBEIRO, A. V.; RAMINELLI, U. J.; RAMINELLI, C. M. P.; SILVA, F. B. Participación de estudiantes de la escuela secundaria en la investigación y difusión de la nanotecnología. Momento (*Revista de Física*), nº 54E, (2016). p. 67-78.
- [23] TOMA, H. O mundo nanométrico: a dimensão do novo século. 2ª. ed., Oficina de Textos, 2009.
- [24] RIBEIRO, A. V.; SOUZA FILHO, M. P. O uso da realidade virtual com imersão no contexto escolar: potencialidades e possibilidades. In: IV Simpósio Internacional de Educação a Distância. Presidente Prudente/SP, 2017.