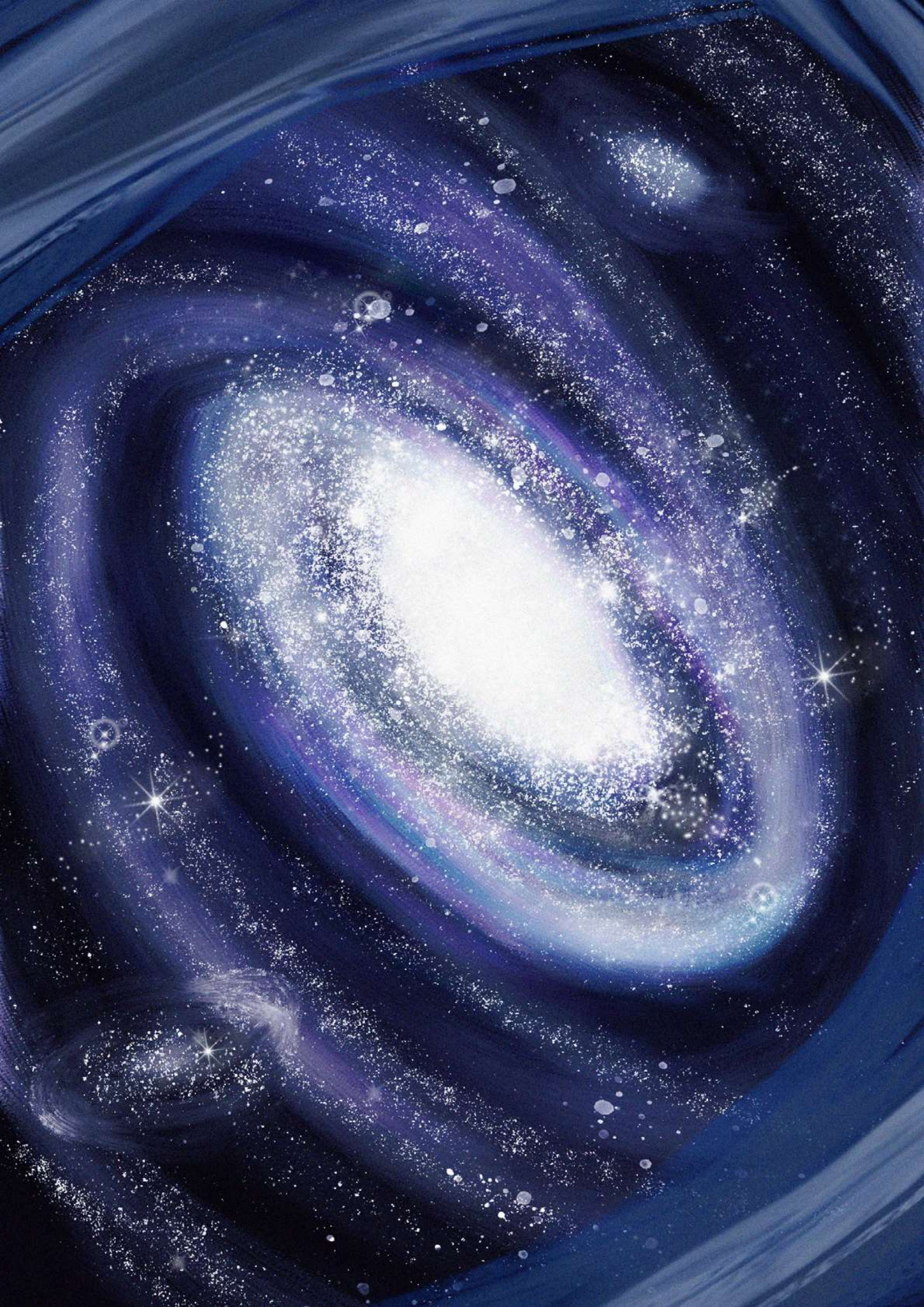




ANÁLISIS DE UNA ACTIVIDAD DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA EN FORMA DE WEBCONFERENCIA SOBRE ASTROFÍSICA DE GALAXIAS

ANALYSIS OF A SCIENTIFIC DISSEMINATION ACTIVITY IN THE FORM OF WEBCONFERENCE ON GALAXY ASTROPHYSICS

Higor Felipe Gonçalves de Arruda

Instituto Federal de São Paulo
Caraguatatuba, SP, Brasil
arruda.goncalves@aluno.ifsp.edu.br
ORCID: 0000-0002-2685-0674

Ricardo Roberto Plaza Teixeira

Instituto Federal de São Paulo
Caraguatatuba, SP, Brasil
rteixeira@ifsp.edu.br
ORCID: 0000-0001-7124-1774



RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo examinar la experiencia de la realización de una webconferencia sobre Astrofísica de Galaxias, que fue impartida por el profesor Alexandre Zabet, el 21 de octubre de 2021, con transmisión simultánea por el canal "Debate Conciencia" en YouTube. Para la fundamentación teórica de esta investigación, a partir de la revisión de la literatura científica existente, se discuten cuestiones concernientes a la Astrofísica de Galaxias, a la Divulgación Científica y a la Enseñanza de Física. Se describen en detalle los procedimientos metodológicos utilizados en la planificación y realización de la webconferencia investigada. Los resultados de esa acción son discutidos por dos perspectivas: por el examen de los datos estadísticos de la grabación en video de la webconferencia obtenidos a partir de YouTube Analytics y por el análisis de las respuestas dadas por 31 participantes del evento que, de forma voluntaria, respondieron a un cuestionario disponible durante la transmisión, por el enlace de un "Formulario Google". Los datos obtenidos son descritos e interpretados, teniendo en cuenta la literatura de referencia existente sobre los temas tratados. La realización de esa webconferencia permitió comprender la importancia, para la educación científica, del trabajo con temas de astronomía en la divulgación científica y en la enseñanza de Física.

Palabras clave: Astrofísica, Tecnologías de la información y de la comunicación, Enseñanza de astronomía, Vídeo, Educación científica.

ABSTRACT

This work aims to examine the experience of holding a web conference on Astrophysics of Galaxies, which was given by Professor Alexandre Zabet, on October 21, 2021, with simultaneous transmission by the YouTube channel "Debate Consciência". For the theoretical foundation of this research, from the review of the existing scientific literature, issues concerning the Astrophysics of Galaxies, Scientific Dissemination and Physics Teaching are discussed. The methodological procedures used in planning and carrying out the investigated web conference are described in detail. The results of this action are discussed from two perspectives: by examining the statistical data of the video recording of the web conference obtained from YouTube Analytics and by analyzing the responses given by N=31 participants of the event who, voluntarily, answered a questionnaire made available during the transmission, through the link of a "Google Form". The data obtained are described and interpreted, taking into account the existing reference literature on the topics covered. The realization of this web conference made it possible to understand the importance for scientific education of working with astronomy themes, both in scientific dissemination and in the Teaching of Physics.

Keywords: Astrophysics, Information and communication technologies, Astronomy teaching, Video, Science

Introducción

Este artículo tiene la intención de examinar diferentes aspectos de una webconferencia que abordó la astrofísica de galaxias y fue realizada en octubre de 2021, con transmisión por YouTube. En particular, se analizan las concepciones de los participantes acerca de asuntos relacionados al eje temático de la actividad, por medio de las respuestas dadas por ellos a un cuestionario disponible por el chat de la transmisión por YouTube.

Uno de los puntos de partida de este trabajo es que la divulgación científica no solo tiene el importante papel de realizar una intermediación más efectiva entre la ciencia y la sociedad al democratizar el acceso al saber, sino que también puede convertirse en un campo educativo fértil, pues permite investigar los modos en que los conocimientos científicos son apropiados por los ciudadanos en diferentes espacios y cómo eso puede darse de modo motivador desde el punto de vista de quien está aprendiendo. En particular, el área de la Astronomía, por su carácter interdisciplinario, puede contribuir decisivamente con diversas temáticas con un gran potencial para el proceso de aprendizaje, además de conceptos científicos, como también los métodos usados por la ciencia para “atacar” los problemas a los que se enfrentan. La Astronomía ayuda a sensibilizar al ser humano acerca de cuestiones sobre el Universo y promueve el desarrollo del hábito de reflexión con sentido crítico sobre lo que se accede en las redes sociales y de habilidades como la de observación metódica sobre los fenómenos a los que tenemos acceso (Carnero; Longhini, 2015).

La Universidad tiene el desafío de democratizar el conocimiento producido en su interior, impulsándolo en el sentido de fortalecer los espacios públicos de debate (Souza; Silveira; Cassab, 2021). La divulgación científica en una escala amplia y con lenguaje accesible es fundamental para que ocurra una mayor popularización del conocimiento científico disponible (Moreira, 2006), de modo a aproximar el público a la ciencia y a sus descubrimientos (Massarani, 2008). Especialmente en el contexto de la pandemia de COVID-19, el papel de las actividades de extensión que implican la divulgación científica por medio de las redes virtuales de comunicación se ha vuelto aún más importante, por permitir el conocimiento de la sociedad con respecto a la ciencia y al acceso a los conocimientos a todos los interesados. En ese sentido, una justificación relevante para el fortalecimiento de proyectos de extensión asociados a la divulgación científica es el hecho de que ellos pueden transformarse en importantes multiplicadores de conocimientos junto al público lego (Vieira; Macedo; Corrêa, 2021).

Después de la introducción, se hace la fundamentación teórica del trabajo, con énfasis en trabajos académicos sobre cuestiones relevantes para esta investigación, relacionadas, por ejemplo, con la Astrofísica de Galaxias, la Divulgación Científica y la Enseñanza de Física. A continuación se presentan los procedimientos metodológicos utilizados en la planificación y realización de la webconferencia, que es foco de esta investigación, sobre Astrofísica de Galaxias ministrada por el profesor Alexandre Zobot. A continuación, se discuten los resultados de esta investigación, a partir de dos fuentes principales de informaciones: por medio de los datos estadísticos proporcionados por Youtube Analytics y por medio de las respuestas proporcionadas por los participantes a un cuestionario elaborado para comprender las concepciones existentes con respecto a los temas trabajados en la acción. Por fin, se hacen las consideraciones finales, con algunas reflexiones y observaciones acerca de todo el trabajo.

Astrofísica de galaxias

La curiosidad humana, a lo largo del tiempo, buscó tanto comprender los movimientos de los astros en el cielo, como reflexionar sobre nuestro lugar en el Universo (Rodrigues; Briccia, 2019). Asimismo, en noches oscuras y en lugares con poca polución y luz de origen artificial, al mirar hacia el cielo, es posible observar una parte iluminada y blanquecina, que los pueblos de la antigüedad relacionaban con un “camino de leche”. De esa manera, se originó la concepción acerca de la Vía Láctea, la galaxia a la que pertenecemos, una porción del cielo nocturno constituida por una gran cantidad de estrellas (Xerxenevsky, 2008).

Un tema importante con respecto al estudio de las galaxias es aquel referente a su caracterización: hay diferentes criterios, siendo el morfológico el más conocido (Gil; Ferrari; Emmendorfer, 2015). La clasificación morfológica de las galaxias tiene la finalidad de encontrar patrones comunes entre ellas en lo que se refiere a la forma, pero también está relacionada a dos aspectos importantes: la evolución dinámica y la historia de formación estelar.

En cuanto a la forma de las galaxias, se pueden clasificar básicamente en tres tipos. Las galaxias espirales, que se dividen en dos subgrupos (espirales barradas y espirales normales), tienen como principales características la presencia de brazos espirales, de un núcleo y de un halo, sobre un disco con forma achatada, como es el caso de nuestra Vía Láctea, caracterizada por poseer un disco con aproximadamente 50.000 años luz de radio y un espesor de unos 2.000 años luz (Wuensche, 2003). En las galaxias elípticas, la distribución de la luz se produce en forma elipsoidal; por lo tanto, cuando se observan desde la Tierra, presentan el aspecto de una elipse. Finalmente existen las galaxias irregulares que no tienen simetría definida (Oliveira Filho; Saraiva, 2014).

Las grandes galaxias generalmente albergan, en su centro, un agujero negro supermasivo, con la propiedad de atraer la materia alrededor, efecto ocasionado por la gravedad y que puede redundar, incluso, en la emisión de radiación en alta frecuencia, como es el caso de los rayos X (Damineli; Steiner, 2010). Finalmente, según los conocimientos científicos consolidados, todas las galaxias poseen estrellas más viejas con edades que pueden variar entre 10 y 11 mil millones de años, lo que corresponde, de esa forma, a la edad mínima de las galaxias.

Históricamente, las primeras ideas sobre la existencia de galaxias, grandes conjuntos de estrellas, fueron estructuradas por el filósofo Immanuel Kant (1724-1804) y por el astrónomo Thomas Wright (1711-1786). Este segundo, autor del libro “An Original Theory or New Hypothesis of the Universe”, publicado en 1750, propuso el primer modelo para la Vía Láctea, considerada como todo el Universo en aquella época. Según Wright, estaríamos situados en un sistema de estrellas planas. Con base en eso, Kant (1755) elaboró su propia obra, titulada “Historia Natural y Teoría del Cielo”, en la cual realizaba análisis de las nebulosas y de la propia Vía Láctea (Oliveira Filho; Saraiva, 2014). A continuación, William Herschel (1738-1822) contribuyó al estudio de la Astrofísica de Galaxias proponiendo una esquematización de la Vía Láctea, teniendo en cuenta el hecho de que estaría dispuesta en la forma de un complejo aplanado. De acuerdo con su análisis, el Sol estaría, entonces, próximo al centro de ese sistema plano (Herschel, 1785), lo que hoy sabemos no ser verdad.

En 1920, hubo un debate importante que contribuyó considerablemente al desarrollo de la Astrofísica de manera general. Tuvo lugar en la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, e involucró a los científicos Heber Doust Curtis (1872-1942) y Harlow Shapley (1885-1972), que proponían diferentes ideas con respecto a la ubicación de las nebulosas

espirales que eran vistas por telescopios. Mientras Shapley argumentaba que esos cuerpos celestes estaban localizados en la Vía Láctea, Curtis defendía la idea de que eran objetos llamados extragalácticos, luego, fuera de nuestra galaxia (Shapley; Curtis, 1921). El cierre de este debate ocurrió cuando Edwin Powell Hubble (1889-1953) logró determinar, de modo experimental, la distancia hasta la nebulosa que hoy conocemos como galaxia de Andrómeda, la cual está a más de 2 millones de años luz. Por lo tanto, fue posible concluir que la galaxia mencionada estaba situada fuera de la Vía Láctea, cuyo diámetro es de aproximadamente 100 mil años luz. La Astrofísica, fundamentada en el análisis de datos observacionales, se desarrolló considerablemente a lo largo del siglo XX y actualmente describe la evolución de planetas, estrellas y galaxias (Alves-Brito; Cortesi, 2020).

Divulgación científica

Una de las primeras decisiones de quien se involucra con divulgación científica es elegir lo que debe o no ser puesto en destaque, pudiendo ser, entre muchas posibilidades, los descubrimientos y los avances científicos, las aplicaciones tecnológicas de la ciencia, los impactos sociales y ambientales de la ciencia o los métodos utilizados por la ciencia para resolver problemas y desarrollar explicaciones.

Para que las actividades de divulgación científica tengan éxito, el discurso empleado necesita extrapolar la esfera científica y dirigirse hacia la esfera del lenguaje utilizado por los ciudadanos en su cotidiano (Cunha; Giordan, 2009). Para posibilitar la popularización del conocimiento, es necesaria, entonces, la transposición de conceptos científicos para que puedan ser trabajados de modo que sean accesibles al ciudadano lego.

Además, es importante tener siempre en mente que la divulgación científica no está solamente relacionada a las ciencias, o a sus conceptos propiamente dichos, sino que engloba también aspectos, conflictos y contradicciones presentes en el trabajo de los científicos durante la producción de cada tipo de conocimiento (Pinto, 2007).

En particular, en lo que está relacionado con la astronomía, la divulgación científica busca, en sentido amplio, potenciar la necesidad de configurar el mundo de manera más inteligible, y, simultáneamente, compartir tal conocimiento con los demás (Capozoli, 2002).

Tanto en actividades de divulgación científica, como en la enseñanza de Física, la adición de tópicos de astronomía y astrofísica puede ser realizada de modo interdisciplinario, porque ello puede ayudar en la comprensión de las múltiples capas asociadas al conocimiento científico y sus particularidades; sin esas características, la dinámica del acto de aprender se empobrece, pues pierde conexión y significado (Ferreira, 2011). El aprendizaje de conceptos de astronomía puede ocurrir en muchas esferas, asociadas a diferentes tipos de educación: formal, informal y no formal (Langhi; Nardi, 2009). Asimismo, las actividades de divulgación científica pueden posibilitar el surgimiento de un contexto propicio para aprender. En particular, la importancia de la enseñanza de astronomía, en cualquier ámbito, también se da por medio del incentivo al cuestionamiento sobre la responsabilidad de los ciudadanos en cuanto al planeta Tierra que nos abriga (Langhi; Nardi, 2014).

La inserción de temas de astrofísica y cosmología en la divulgación científica y en la educación, agregados a las áreas de la Física Moderna y Contemporánea, puede también potenciar el aprendizaje de contenidos fundamentales de la Física que fueron desarrollados más recientemente en términos históricos, permitiendo trabajar con diferentes paradigmas y perspectivas acerca del mundo y de la ciencia, más allá de la Física Clásica (Aguar, 2010).

Metodología

Con el objetivo de investigar las posibilidades educativas existentes en el uso del estudio de galaxias como eje temático de actividades de divulgación científica y, también, por similitud, de enseñanza de ciencias, los autores de este trabajo realizaron, en 2021, una webconferencia transmitida por la plataforma YouTube y titulada “Astrofísica de Galaxias” que fue impartida por el Prof. Dr. Alexandre Miers Zobot, docente del campus Joinville de la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC). De ese modo, el análisis de la realización y de los desdoblamientos de esa acción virtual son el foco de este artículo.

El profesor Zobot posee un canal de divulgación científica en YouTube titulado “Astrofísica para Todos”, con cursos (viabilizados por videos elaborados por él mismo) que pueden ser realizados de forma gratuita, virtualmente. Ese canal poseía, el 30 de enero de 2022 (todos los datos cuantitativos presentados en este artículo, referentes a la plataforma YouTube, fueron obtenidos en esa fecha), cerca de 54 mil inscritos y contaba con 190 videos, lo que es una evidencia de la considerable experiencia del conferencista en áreas como la enseñanza y la divulgación científica acerca de temas de astronomía, astrofísica y cosmología.

El contacto por correo electrónico con el profesor Zobot ocurrió después de una investigación en internet que evidenció que es autor de diversos trabajos de investigación en áreas de la Astrofísica y campos de conocimiento adyacentes. En ese contexto, el conferenciante aceptó generosamente la propuesta de realizar una webconferencia sobre la astrofísica de galaxias, que ocurrió de modo remoto principalmente, pero no solamente, debido a las necesidades de aislamiento social ocasionadas por la pandemia de COVID-19.

En la práctica, la realización de esta acción de modo virtual posibilitó una ampliación del público alcanzado. Además de los impedimentos planteados por la existencia de la pandemia, la realización de este tipo de evento de modo presencial implicaría el uso de recursos que no estaban disponibles para sus organizadores. Por ejemplo, el profesor Zobot reside en el estado de Santa Catarina, mientras que los autores de este artículo residen en el litoral Norte del estado de São Paulo y desarrollan sus acciones de extensión, investigación y enseñanza en el ámbito del campus de Caraguatatuba del Instituto Federal de São Paulo (IFSP); asimismo, un evento presencial sería inviable por los costos considerables de transporte y alojamiento involucrados. A este respecto, es importante destacar también que la webconferencia fue realizada de modo gratuito por el profesor Zobot.

Los preparativos, en cuanto a la definición de la fecha y del horario del evento, fueron decididos conforme a las necesidades del conferencista. La webconferencia ocurrió el 21 de octubre de 2021, jueves, en el período vespertino, a partir de las 15 horas, y tuvo transmisión simultánea por el canal “Debate Conciencia” de Youtube. El canal en cuestión fue creado por el grupo de estudiantes, orientados por el segundo autor de este trabajo, en agosto de 2020, con el objetivo de viabilizar la realización de actividades remotas de divulgación científica y cultural, como la analizada en este artículo, debido al avance de COVID-19, en el que fue el primer año de la pandemia. Ese canal de YouTube fue desarrollado en el ámbito del proyecto de extensión “Actividades audiovisuales de divulgación científica y cultural mediadas por in-

¹ <https://youtu.be/j6fsaGapgxk>.

² <https://aeroespacial.ufsc.br/docentes/alexandre-m-zobot/>.

³ <https://www.youtube.com/channel/UC9JQsZogWHJnhaeMx3OsP4Q>.

⁴ <https://www.youtube.com/channel/UCGD1YmakxPjK9w9SXrWH-Lw>.

ternet”, coordinado por el segundo autor del presente artículo; este proyecto se lleva a cabo en el contexto del campus de Caraguatatuba del Instituto Federal de São Paulo (IFSP), con el fomento de recursos de la Prorrectoría de Extensión (PRX) del IFSP para las becas de seis alumnos extensionistas en 2020 (convocatoria 196 de 11/06/2020), dos estudiantes extensionistas en 2021 (convocatoria 232 de 01/06/2021) y dos estudiantes extensionistas en 2022 (convocatoria 493 de 23/12/2021).

El 6 de octubre de 2021, 15 días antes del evento, se publicó una noticia en el site del IFSP-Caraguatatuba con el fin de informar sobre la webconferencia y poner a disposición el enlace de su transmisión a través de YouTube, para invitar a los eventuales interesados.

De modo complementario, el día 25 de octubre de 2021, 4 días después de la realización del evento, fue publicada una segunda nota en el sitio web del IFSP-Caraguatatuba, informando cómo ocurrió la webconferencia y sobre los temas que fueron discutidos en ella, con el fin de hacer lo más público posible la realización del evento, sus características y los temas abordados, incluso para que aquellos que no hubieran visto la transmisión original por YouTube pudieran hacerlo accediendo al enlace del video grabado del evento.

Si la transmisión de la webconferencia se dio por medio de Youtube, su realización ocurrió por medio del sitio StreamYard, en la cual fue estructurada la sala virtual que de donde habló el conferencista, así como los autores de este artículo. Esa sala fue creada en esa plataforma con antelación de más de dos semanas y eso permitió la creación también de una llamada previa del evento en YouTube, invitando a los interesados e informando sobre el enlace de la transmisión, la fecha y la hora de su inicio, el título de la conferencia y el nombre del conferencista. Toda esas informaciones fueron insertadas en un pequeño cartel hecho sobre el evento, que fue utilizado con fines de ayudar en su divulgación.

El día de la webconferencia, los autores de este trabajo se reunieron con el conferencista en la sala virtual de StreamYard, aproximadamente 30 minutos antes de que comenzara el evento (alrededor de las 14 horas y 30 minutos), para la realización de un chequeo con el fin de corregir de antemano cualquier posible problema técnico que pudiera surgir y obstaculizar la presentación del profesor Zobot. La emisión simultánea de la webconferencia fue posible gracias a la integración de las dos plataformas, a saber: StreamYard y Youtube. La actividad quedó grabada en el propio canal Debate Consciência de Youtube, convirtiéndose en un legado de esa acción de extensión y permitiendo que personas interesadas puedan asistirle posteriormente a su realización.

Después de las presentaciones iniciales hechas por los organizadores del evento, el conferenciante discurrió sobre el tema de la Astrofísica de Galaxias, usando, para ello, diapositivas que fueron elaboradas para que las ideas discutidas quedaran más claras para los espectadores que asistieron a la actividad. Además de imágenes, se utilizaron videos de corta duración de una simulación de la formación galáctica con el propósito de facilitar, para el público, la comprensión de los temas trabajados.

Durante la webconferencia, se pidió a los participantes que respondieran, si fuera posible, a un cuestionario (del tipo “Formulario Google”) con preguntas tanto sobre el perfil de la

⁵ <https://www.ifspcaraguatatuba.edu.br/noticias/web-conferencia-abordara-o-tema-da-astrofisica-das-galaxias>.

⁶ <https://www.ifspcaraguatatuba.edu.br/noticias/conferencia-virtual-do-ifsp-caraguatatuba-tratou-da-astrofisica-de-galaxias>.

⁷ <https://streamyard.com/>.

persona que le estaba respondiendo (acerca de género y grupo etario, por ejemplo), como sobre temas relacionados con la astronomía y los intereses de los participantes. Además, las personas que se ofrecieron como voluntarios para responder a este formulario recibieron por correo electrónico una declaración de que habían participado y asistido a esa webconferencia. Se compartió el enlace del formulario a los participantes por el chat de YouTube; 31 voluntarios aceptaron la invitación y respondieron a ese cuestionario que estuvo abierto durante la mitad final del evento y fue cerrado para respuestas pocos minutos después de la finalización de la transmisión. Las cuestiones del formulario fueron elaboradas previamente por los autores de este artículo con el fin de ayudar a comprender las motivaciones y las concepciones del público participante del evento.

Con el propósito de sistematizar las informaciones sobre la webconferencia, los autores de este trabajo llenaron, el día siguiente a su realización, una ficha de informe con categorías y ítems relativos a las características del evento para poder sintetizar la información sobre él y evaluarlo mejor.

Finalmente, en el video de la transmisión de esta webconferencia por YouTube, existen varios datos que pueden ser obtenidos por las herramientas “Analytics” (“Estadísticas”, en la versión en español), accedidas por medio de YouTube Studio (Estudio de YouTube), y que proporcionan información cuantitativa importante sobre diversas métricas útiles para conocer al público involucrado en la actividad y su visibilidad, algo que colaboró para el análisis realizado en este trabajo.

Resultados de los datos del video de la webconferencia

La webconferencia “Astrofísica de Galaxias” impartida por el profesor Zabot en 2021 abordó temas relacionados con los estudios sobre las galaxias, con la utilización de simulaciones y videos de corta duración para facilitar la comprensión del tema por el público lego. La duración del video de esa webconferencia fue de 1 hora, 45 minutos y 2 segundos. La presentación propiamente dicha del profesor Zabot tuvo una duración aproximada de 41 minutos; fue precedida, en los 12 primeros minutos de la grabación, por una presentación de la actividad y del conferencista; además, fue sucedida por preguntas que fueron respondidas por el invitado.

Los datos recogidos por YouTube informados y discutidos en esta sección fueron obtenidos el 30 de enero de 2022, 101 días después de la realización de la webconferencia, que tuvo lugar el 21 de octubre de 2021; hasta ese día, el canal “Debate Conciencia” de YouTube, que transmitió el evento, contaba con 552 inscritos y 53 videos de web actividades que fueron realizados, en su gran mayoría, con transmisión simultánea y sobre los más variados temas científicos y culturales.

El video de la webconferencia analizado en la presente investigación, intitulado “Astrofísica de Galaxias”, posee, hasta el momento de esta escritura, 45 “me gusta” (“like”), ningún (“dislike”) y 226 visualizaciones, de las cuales 88 de esas visualizaciones ocurrieron durante la transmisión y 138, después de la publicación del video, después del término de la transmisión.

Con respecto al origen del tráfico – es decir, la forma en que los espectadores encontraron y llegaron a ese video –, la mayor fuente (con cerca del 36%) fue de origen externo.

⁸ <https://streamyard.com/>.

Entre ellas están Whatsapp, con un 39%, y Facebook, con un 26%, seguidos por el sitio de la Sociedad Brasileña de Física (con un 14%) que divulgó el evento previamente por su Portal Pion, el cual informa acerca de eventos de divulgación científica. En lo que se refiere al tiempo total de exhibición del video analizado, o sea, sumando el tiempo de todas las visualizaciones, un 70% – la mayoría – fue resultante de los no inscritos en el canal “Debate Conciencia” de YouTube, mientras que un 30% fue debido a los inscritos en este canal.

Además, la webconferencia contó con aproximadamente mil impresiones. El número de impresiones indica cuántas veces las “miniaturas” (“imágenes del video”) se exhibieron a los espectadores en YouTube (por ejemplo, como sugerencias hechas en la esquina derecha de la pantalla) por medio de impresiones registradas. Cabe destacar, además, que una impresión ocurre cuando la miniatura de ella es mostrada por más de un segundo con por lo menos el 50% de la miniatura visible en la pantalla. Ese video provocó la inscripción de otras cuatro personas en el canal, que no tiene la monetización como objetivo, sino la divulgación de la ciencia, de la cultura y de la educación. La licencia de atribución del video de la webconferencia es del tipo “Creative Commons”, lo que posibilita su reutilización de modo gratuito por otras personas que estén interesadas en los temas tratados en él.

La calidad de la transmisión, durante todo el evento, con respecto a la imagen y el sonido de la voz del presentador, fue buena. La webconferencia fue rica y diversa en los temas tratados. Los contenidos abordados fueron explicados de manera que cualquier persona del público involucrado pudiera comprender mínimamente conceptos de diversas áreas de la Astronomía, Astrofísica y Cosmología, como galaxias, agujeros negros y materia oscura, por ejemplo. Durante la transmisión, más de 20 personas se manifestaron por chat, haciendo preguntas o haciendo comentarios sobre las temáticas, con un total de 50 mensajes. Entre esos mensajes, se destacan a continuación algunos que pueden proporcionar una mejor idea acerca del involucramiento de los participantes: “¿Será que un día el agujero negro del centro de la vía láctea podrá alcanzar la tierra?”; “pregunta: ¿el agujero de gusano violaría la ley del trabajo (de la conservación de energía)?” “¿Qué pasaría si no existiera materia oscura? ¡Me encantó la presentación!”. Los mensajes en general evidenciaron el interés de los participantes en la presentación; además, ocurrieron preguntas involucrando algunos de los temas abordados, como galaxias y materia oscura. Adicionalmente, hubo también agradecimientos por parte del público en relación al desempeño del profesor Zabot en realizar esa actividad, como es posible analizar a partir de los siguientes comentarios sacados del propio chat de Youtube: “Muchas gracias profesor, muy esclarecedor”; “Esclareció y me enseñó muchas cosas. ¡Gracias!” ; “Excelente conferencia”; “Felicitaciones profesor por la presentación, excelente conferencia”.

El pico en el número de espectadores simultáneos fue de 33, siendo que muchos eran alumnos especialmente de dos cursos del período nocturno del IFSP-Caraguatubá – del Profesorado en Física y de la Tecnología en Análisis y Desarrollo de Sistemas –, cuyas clases – remotas, debido a la COVID-19 – se inician regularmente en el horario de las 19h; asimismo, el horario de inicio de la transmisión, a las 17h, fue elegido teniendo en cuenta ese factor, de modo que su término ocurrió poco antes de las 19h.

A pesar de la dificultad existente en los temas abordados, el conferencista, durante la

⁹ <http://www.sbfisica.org.br/v1/home/index.php/pt/>.

¹⁰ <http://www.sbfisica.org.br/v1/portalpion/index.php/noticias/439-astrofisica-das-galaxias>.

actividad, buscó usar un lenguaje accesible, ejemplificando los conceptos expuestos por medio de analogías y de videos de corta duración. Comprender la Astrofísica de Galaxias, de manera general, puede ser algo difícil, pues involucra términos técnicos y conceptos complejos, lo que refuerza la necesidad de una flexibilización en el lenguaje empleado para llegar al público. Durante la actividad, se destacaron conceptos relacionados al estudio de las galaxias, como la definición de materia oscura y la idea de cúmulo de galaxia, un conjunto de muchas galaxias que permanecen próximas entre sí debido al campo gravitatorio presente en la región analizada.

Resultados obtenidos con las respuestas dadas al formulario

Durante la webconferencia “Astrofísica de Galaxias”, se compartió, por el chat de la transmisión por YouTube, el enlace de un Formulario Google y se solicitó a los participantes, en la medida de lo posible, que lo accedieran y respondieran a sus preguntas. Un número de 31 espectadores (N=31) aceptó la invitación y, durante el transcurso de la webconferencia, respondió al cuestionario.

A continuación se examinarán las respuestas de los participantes a las preguntas del cuestionario. En primer lugar, se describirán los porcentajes de las respuestas dadas a las preguntas acerca del perfil de los ciudadanos que lo respondieron, en lo que se refiere a características como género, edad, raza/color y escolaridad.

En cuanto al género, cerca del 58% de los que respondieron al formulario eran del género masculino, mientras que el 42% eran del género femenino.

En cuanto al grupo etario, cerca del 55% de los que respondieron (la mayoría) afirmó tener entre 18 y 29 años, edad generalmente característica de los estudiantes universitarios que componían una porción considerable del público que asistió a la actividad durante su transmisión; de los restantes, el 10% tenía entre 30 y 59 años, mientras que el 29% era adolescentes con edad entre 13 y 17 años. Finalmente, el 6% de los que respondieron corresponde a ancianos, con una edad mínima de 60 años.

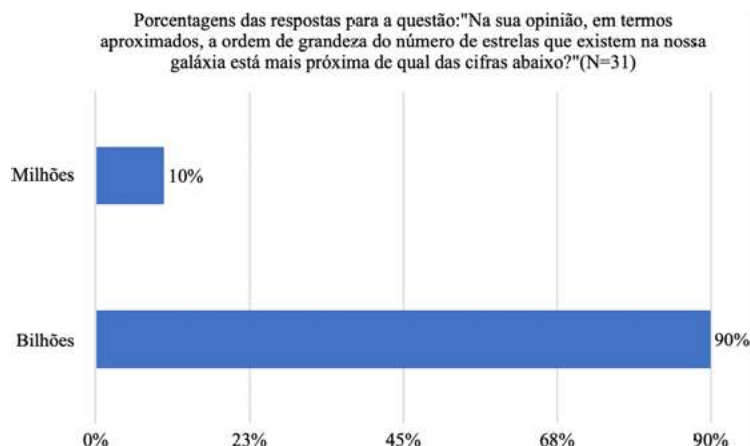
Con respecto a la raza/color, 61% de los encuestados se declararon blancos, un 29% se declaró pardo y un 10% se declaró negro.

Finalmente, en lo que se refiere a la escolaridad, un 55% de los encuestados declaró tener educación superior completa o incompleta, mientras que 39% afirmaron tener enseñanza secundaria completa o incompleta; el 3% afirmó tener enseñanza primaria completa o incompleta, y el 3% relató poseer un postgrado completo o incompleto. Esas respuestas son consistentes con las dadas a la pregunta sobre su edad.

Después de las preguntas iniciales sobre el perfil de los encuestados, se realizaron algunas preguntas cerradas y una pregunta abierta sobre temas del área de astronomía; en particular, sobre temas asociados al estudio de la Astrofísica de Galaxias.

La primera pregunta solicitaba que se eligiera el orden de magnitud del número de estrellas que existen en la Vía Láctea: el 90% respondió que la cifra más cercana que describe el número de estrellas es del orden de miles de millones, mientras que el 10% respondió millones (Figura 1). Saber diferenciar cuantitativamente un millón (que tiene 6 ceros) de mil millones (que tiene 9 ceros) es una habilidad matemática importante para lidiar con muchas de las grandezas trabajadas en Astrofísica. La estimación actual es que existen entre 100 y 400 mil millones de estrellas en la Vía Láctea (Masetti, 2015).

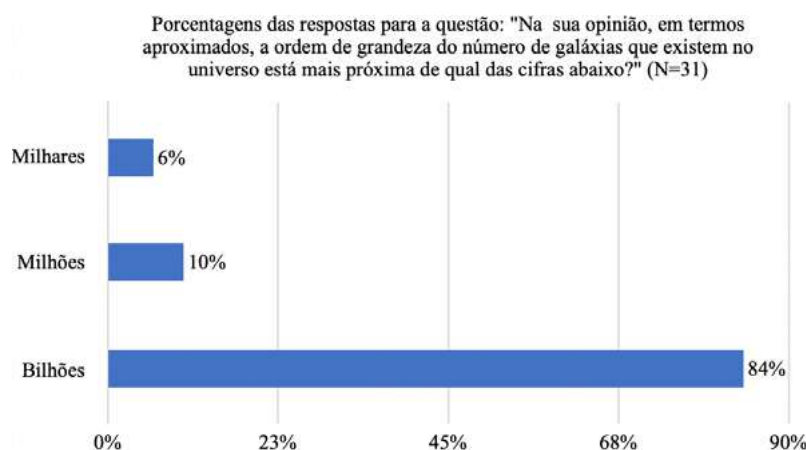
Figura 1 - Gráfico con la distribución de los porcentajes de las respuestas a la pregunta: "En su opinión, en términos aproximados, ¿el orden de magnitud del número de estrellas que existen en nuestra galaxia está más cerca de cuál de las cifras abajo?" (N=31).



Fuentes: Autores (2022).

La segunda cuestión temática era la siguiente: "En su opinión, en términos aproximados, ¿el orden de magnitud del número de galaxias que existen en el Universo está más cerca de cuál de las cifras abajo?". Las opciones disponibles a ser señaladas fueron "miles", "millones" y "mil millones". A partir de eso, 6% respondieron que el orden de magnitud del número de galaxias sería del orden de miles, un 10% respondieron que sería de millones, mientras que un 84% respondieron que sería de mil millones (Figura 2). Esta pregunta también trató las diferencias matemáticas entre tres órdenes de magnitudes: miles (103), millones (106) y mil millones (109). Las estimaciones actuales son que existen entre 100 y 200 mil millones de galaxias en el universo visible (Howell; Harvey, 2022).

Figura 2 - Gráfico con la distribución de los porcentajes de respuestas a la pregunta: "En su opinión, en términos aproximados, ¿el orden de magnitud del número de galaxias que existen en el Universo está más cerca de cuál de las cifras abajo?" (N=31).

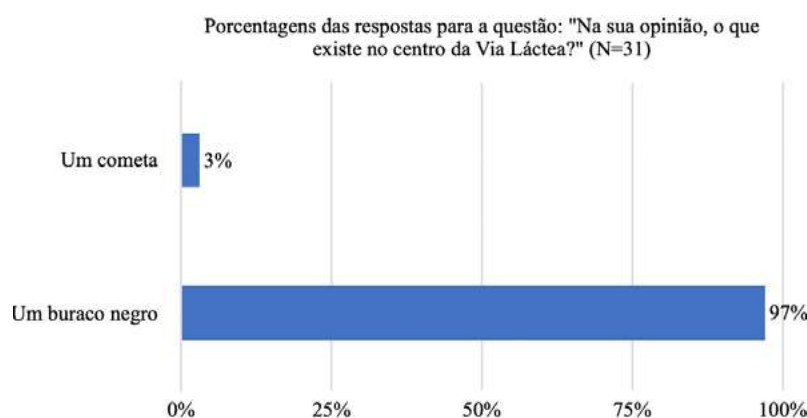


Texto en la imagen: miles. Millones. Mil millones

Fuentes: Autores (2022)

La tercera pregunta temática cuestionaba sobre lo que el encuestado entendía que existiría en el centro de la Vía Láctea. Entre las opciones disponibles por ser señaladas, estaban “una estrella”, “un planeta”, “un agujero negro”, “un satélite natural” y “un cometa”. Basándose en esas alternativas, el 3% respondió que habría un cometa en el centro de la Vía Láctea, mientras que el 97% respondió que hay un agujero negro en el centro de nuestra galaxia (Figura 3). Hay diversas evidencias científicas que confirman la existencia, en el centro de la Vía Láctea, de un agujero negro supermasivo, con masa igual a cerca de 4 millones de masas solares, denominado Sagittarius A* (Ghez et al., 1998; Reid, 2009).

Figura 3 - Gráfico con la distribución de porcentajes de las respuestas a la pregunta: “En su opinión, ¿qué existe en el centro de la Vía Láctea?” (N=31).



Texto en la imagen: Un cometa. Un agujero negro

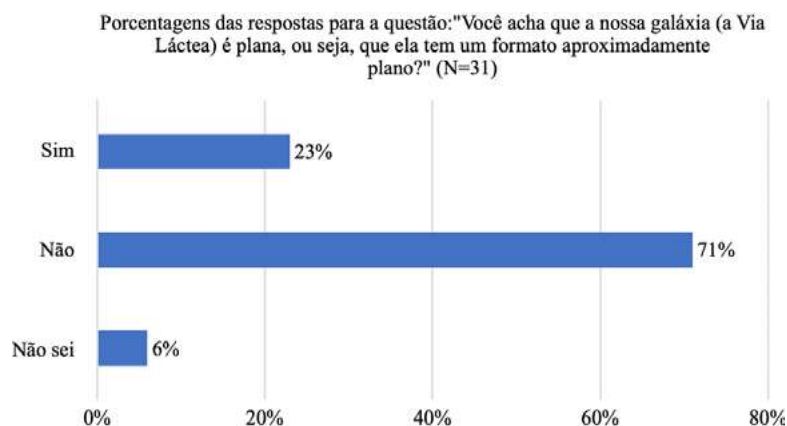
Fuentes: Autores (2022)..

La cuarta pregunta temática, esta de tipo abierto, indagaba cuál era el nombre de la galaxia que estaba más cerca de la Vía Láctea: un 78% respondieron “Andrómeda”, un 7% respondieron citando las “Pequeña y Gran Nube de Magallanes”, un 3% respondieron como “Canis Major Dwarf” (la Galaxia Enana Canis Mayor), un 3% respondieron “Alfa Centauro” y un 10% respondieron “No” o “No sé”. Por lo tanto, la mayoría de las respuestas indican que la galaxia de Andrómeda (M31) es la más cercana a la Vía Láctea. De hecho, la galaxia de Andrómeda es la gran Galaxia más cercana a la Vía Láctea, a una distancia de aproximadamente 2,5 millones de años luz de la Tierra (Ribas et al., 2005). Sin embargo, hay las denominadas galaxias satélites de la Vía Láctea, que son mucho más pequeñas y están localizadas a solo decenas o cientos de miles de años luz de nosotros, como es el caso de la Galaxia Canis Major Dwarf y de las Pequeña y Gran Nube de Magallanes (Soares, 2007). Finalmente, Alfa Centauro es un sistema estelar y no una galaxia; en realidad, se trata del sistema estelar más cercano a la Tierra, a una distancia de aproximadamente 4,4 años luz (Maran, 2011; Feng, Jhones, 2018).

La quinta pregunta temática era: “¿Crees que nuestra galaxia (la Vía Láctea) es plana, o sea, que tiene una forma aproximadamente plana?”. Entre las opciones posibles para ser marcadas estaban: “Sí”, “No” y “No sé”: el 23% respondieron a la opción “Sí”, seguido del 71% que respondió “No” y finalmente el 6% señaló “No sé” (Figura 4). A partir de lo que fue analizado, el público, en su mayoría, señaló que nuestra galaxia no sería plana. De acuerdo con los conocimientos actuales de la Astrofísica, la Vía Láctea es una galaxia en forma de espiral

distribuida en un disco plano: el disco galáctico tiene la forma de una pizza, es decir, es plano (Maran, 2011).

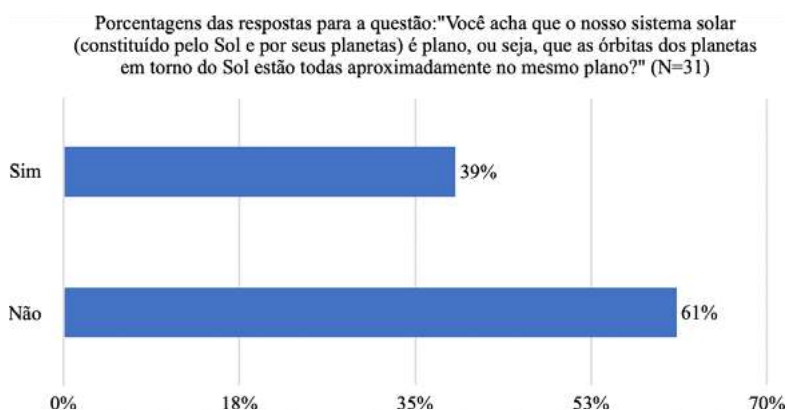
Figura 4 - Gráfico con la distribución de los porcentajes de respuesta a la pregunta: "¿Crees que nuestra galaxia (la Vía Láctea) es plana, es decir, que tiene un formato aproximadamente plano?" (N=31).



Fuentes: Autores (2022)..

De modo similar, la sexta cuestión temática indagaba: "¿Piensas que nuestro sistema solar (constituido por el Sol y por sus planetas) es plano, o sea, que las órbitas de los planetas alrededor del Sol están todas aproximadamente en el mismo plano?" En este caso, el 61% respondió que la forma del sistema solar no sería aproximadamente plana, mientras que el 39% afirmó que el sistema solar tendría, sí, un formato aproximadamente plano (Figura 5). Por el conocimiento consolidado actual en astronomía, los planetas del Sistema Solar orbitan el Sol casi en el mismo plano (Wendel, 2021). Las órbitas de los planetas son coplanares porque durante la formación del Sistema Solar, hace aproximadamente 4,5 mil millones de años, los planetas se formaron a partir de un disco de polvo que rodeaba al Sol.

Figura 5 - Gráfico con la distribución de los porcentajes de respuestas a la pregunta: "¿Crees que nuestro sistema solar (constituido por el Sol y sus planetas) es plano, es decir, que las órbitas de los planetas alrededor del Sol están todas aproximadamente en el mismo plano?" (N=31)..



Fuente: Autores (2022)

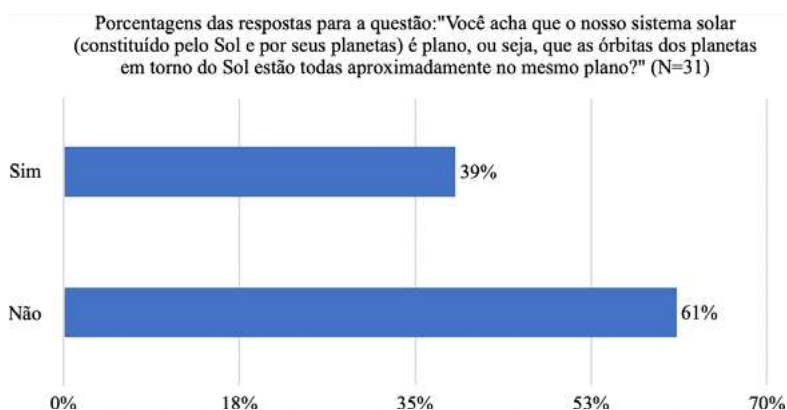
En la misma línea de pensamiento, la séptima cuestión temática indagaba si la Tierra era

plana, o sea, si ella tenía el formato aproximadamente plano (como un disco). En este caso, el 100% de los encuestados afirmaron que la Tierra no es plana. Sabemos que la Tierra de hecho no es plana, pero tiene una forma aproximadamente esférica; en realidad, es un esferoide oblato, es decir, es una esfera ligeramente aplanada en los dos polos: una persona en Ecuador, a nivel del mar, por ejemplo, está aproximadamente 21 km más lejos del centro de la Tierra que una persona en el Polo Norte, que, por ser un océano congelado, también está en el nivel del mar (Sullivan, 2021). El radio de la Tierra en Ecuador es de aproximadamente 6.378 km, mientras que en el Polo es de aproximadamente 6.357 km, una diferencia de cerca del 0,3%, la cual puede ser considerada como factor de aplanamiento de la Tierra (Lang, 1992).

Hay, desde mediados de la década de 2010, un movimiento con fuerza creciente, sobre todo en las redes sociales, abogando que la forma de la Tierra sería plana (Bonfim; Garcia, 2021), movimiento este que necesita ser combatido en el ámbito de la educación científica (Silveira, 2017). Paradójicamente, en una webconferencia dirigida a un público con intereses por la astronomía, la mayoría afirmó que tanto el Sistema Solar como la Vía Láctea no tenían el formato aproximadamente plano como el de un disco. Por lo tanto, esta discusión sobre el llamado “terrapiplanismo” puede ser enriquecida científicamente no solo por el debate acerca de las causas de los formatos del Sistema Solar y de la Vía Láctea, sino también sobre los motivos por los cuales la Tierra es ligeramente aplanada en los Polos.

Para la octava pregunta temática, “¿La Vía Láctea puede ser clasificada como una galaxia de qué tipo?”, se ofrecieron tres opciones de respuesta: “Espiral”, “Elíptico” e “Irregular”. Para el 94% de los que respondieron, la Vía Láctea es una galaxia espiral, mientras que el 6% respondió que tiene una forma elíptica (Figura 6). Los conocimientos consolidados de Astrofísica actualmente permiten afirmar que la Vía Láctea tiene el formato de un disco con brazos en espiral (Maran, 2011). Como estamos dentro de ella, no es posible observar directamente esos brazos espirales, como ocurre con muchas otras galaxias espirales que pueden ser admiradas por telescopios; sin embargo, es posible concluir que es, sí, una galaxia espiral por medio de una serie de técnicas experimentales basadas en razonamientos que implican aspectos geométricos (López-Rodríguez et al., 2019). Además, es importante resaltar que la estructura espiral de la Vía Láctea aún no está completamente determinada, habiendo algún grado de controversia en el ámbito científico sobre cuestiones específicas implicadas, como, por ejemplo, en cuanto a la forma y la posición de los brazos espirales principales existentes en nuestra galaxia (Hou; Han, 2014; Pultarova; Tillman, 2021).

Figura 6 - Gráfico con la distribución de los porcentajes de respuestas a la pregunta: “¿La Vía Láctea puede ser clasificada como una galaxia de qué tipo: Espiral, Elíptico o Irregular?” (N=31).



Fuentes: Autores (2022).

La novena cuestión temática abordó lo que es mayor: la Vía Láctea o el Sistema Solar. En ese caso, todos los participantes respondieron que el mayor objeto celeste analizado es nuestra galaxia, en comparación con el Sistema Solar. La Vía Láctea tiene cientos de miles de millones de sistemas estelares, y nuestro Sistema Solar es solo uno de ellos. Suponiendo que el tamaño (diámetro) del sistema solar sea de unos 290 mil millones de kilómetros (Coffey, 2008) y que el tamaño (diámetro) de la Vía Láctea sea de unos 100 mil años luz o aproximadamente un quintillón de kilómetros (Wethington, 2008), es posible calcular que la Vía Láctea es más de 3 millones de veces mayor que el Sistema Solar.

La décima cuestión temática se indagó qué ocurre cuando una galaxia choca con otra galaxia. Para ello, se han puesto a disposición las siguientes alternativas posibles: “Una gran destrucción debido a las numerosas colisiones entre las estrellas de las dos galaxias”, “Casi nada, porque relativamente pocas estrellas de una galaxia van a chocar con las estrellas de la otra galaxia” y “Otros” (una opción abierta para que el público incluyera sus consideraciones). Los datos obtenidos indican que el 62% respondió “Una gran destrucción, debido a las numerosas colisiones entre las estrellas de las dos galaxias”, el 29% respondió “Casi nada, porque relativamente pocas estrellas de una galaxia van a colisionar con las estrellas de la otra galaxia”, mientras que el 9% respondió “Otros”. En esa última opción están las siguientes respuestas: “Pueden ocurrir diversos procesos físicos en una colisión de galaxias, si eso sucede la galaxia más grande absorberá la galaxia más pequeña y toda su energía y formará una galaxia elíptica gigante”; “Depende del tamaño de la misma. Pueden unirse formando una nueva galaxia o ser engullidas por la galaxia más grande”; “Los principales efectos que una colisión puede causar es la eliminación de materia de las galaxias, o la alteración radical de sus formatos” (Figura 7). Sabemos que, de acuerdo con la Astrofísica contemporánea, las distancias entre estrellas dentro de una misma galaxia son gigantescas, con inmensos vacíos entre ellas; por lo tanto, debido a la distribución extremadamente tenue de materia en las galaxias, las colisiones reales entre estrellas o planetas son extremadamente improbables (Williams, 2016).

Figura 7 - Gráfico con la distribución de los porcentajes de respuestas a la pregunta: “¿Qué sucede cuando una galaxia choca con otra galaxia?” (N=31).



Fuentes: Autores (2022).

Finalmente, una undécima y última pregunta temática buscó investigar cómo los participantes concibieron el término galaxia: “¿Puedes explicar con tus palabras qué es una galaxia?” Fue una pregunta abierta para que los participantes pudieran elaborar textos sobre ese tema.

Algunas de las respuestas elaboradas por cada participante de la webconferencia están expuestas a seguir: “Cúmulo de estrellas, polvo, gas y sistemas (con planetas, lunas, cometas y asteroides)”; “Un cúmulo de planetas y estrellas”; “Galaxia es el nombre dado a sistemas que contienen estrellas, nubes de polvo y astros”; “Es un conjunto de estrellas y otros cuerpos”; “Creo que una galaxia es un conjunto de muchas estrellas, polvo cósmico, gases, sistemas de planetas, satélites naturales, materia oscura, agujeros negros y otros, todos conectados en un único sistema gravitatorio, el universo”; “Se trata de un sistema estelar aislado en el espacio cósmico, al que pertenecen el Sol y más de cien mil millones de estrellas, nebulosas, cúmulos, polvo y gas”; “Un sistema estelar aislado en el espacio cósmico”. La definición más común del concepto de galaxia estipula que sea un sistema gravitacionalmente ligado con gran cantidad de estrellas (Forbes; Kroupa, 2011).

En un sentido más amplio, la comunidad que fue blanco de la acción se constituyó de cualquier persona interesada por el área de la astronomía, con acceso a internet y que sabía que la webconferencia ocurriría. Además, como el video quedó grabado en la plataforma YouTube, se convirtió en un legado y puede ser visto en cualquier momento por ciudadanos interesados por los temas tratados. Más específicamente, muchos de los que asistieron a la emisión simultánea de la webconferencia eran estudiantes especialmente de dos cursos superiores del IFSP-Caraguatatuba: Profesorado en Física y Tecnología en Análisis y Desarrollo de Sistemas. Después de que el evento se llevó a cabo, hubo informes de algunos de estos estudiantes con respecto a los impactos de la acción con respecto a su formación académica, en particular en lo que se refiere a la adquisición de nuevos conocimientos acerca tanto de tópicos y conceptos de astrofísica que ellos desconocían hasta entonces, como de métodos usados por la ciencia para ampliar la comprensión que tenemos a respecto del universo. En particular, la acción proporcionó un material didáctico con potencial para ser utilizado como un todo o en partes, por ejemplo, para la asignatura “Fundamentos de Astronomía y Astrofísica” del octavo semestre del curso de Profesorado en Física del IFSP-Caraguatatuba.

Consideraciones finales

Este es un trabajo que se caracteriza como un relato de experiencia de una divulgación científica que se materializó en la forma de una webconferencia sobre la temática de la Astrofísica de Galaxias. La realización de esa actividad permitió obtener informaciones y datos cuantitativos sobre las concepciones de los participantes, así como medir sus conocimientos con respecto al tema propuesto, el estudio de las galaxias en el ámbito de la Astrofísica.

En ese contexto, es importante señalar que la actividad se produjo de forma remota, por medio de la emisión simultánea por YouTube, debido a la aparición de la pandemia de COVID-19. Dos beneficios surgieron de la elección por la modalidad virtual de divulgación científica. En primer lugar, con la transmisión por YouTube, la webconferencia puede llegar a personas localizadas en cualquier región de Brasil y no solamente en una ciudad, como suele ocurrir con actividades de divulgación científica presenciales. Además, el video del evento quedó grabado en el canal “Debate Conciencia” de YouTube que lo transmitió, transformándose, de esa forma, en un legado de este trabajo, pues ese video puede ser accedido y visto sin costo, en cualquier momento, por todo ciudadano interesado en el tema.

Con base en los datos analizados, con el fin de profundizar procesos de enseñanza-aprendizaje de conceptos científicos, se observó que puede ser interesante discutir sobre

los formatos aproximadamente planos del Sistema Solar y de nuestra galaxia, la Vía Láctea, en comparación con la forma en que la Tierra es una esfera ligeramente aplanada en los polos. Asimismo, la discusión acerca del llamado “terraplanismo” puede ser ampliada en el sentido de esclarecer científicamente las causas de las formas que tienen diferentes cuerpos celestes, como planetas, sistemas estelares y galaxias.

La realización de esta investigación hizo nítida la participación del profesor Alexandre Miers Zobot en actividades de divulgación científica sobre el área de la Astrofísica de manera general, como es posible notar por su canal “Astrofísica para Todos” en la plataforma YouTube. Para realizar la webconferencia analizada en este artículo, el profesor Zobot tuvo que dedicar parte del tiempo de su trabajo. Este ejemplo revela la importancia de que las instituciones universitarias y de investigación fomenten políticas que incentiven a sus profesionales a dedicar parte de su tiempo de trabajo a actividades de divulgación científica que puedan colaborar para democratizar el acceso a la ciencia.

Agradecimientos

Agradecemos inmensamente al Prof. Dr. Alexandre Zobot por la realización de la webconferencia que es el foco de la investigación desarrollada en este artículo. Agradecemos también a la FAPESP por el fomento concedido para esta investigación.

REFERÊNCIAS

Aguiar, R. R. (2010). Tópicos de astrofísica e cosmologia: Uma aplicação de física moderna e contemporânea no ensino médio. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – USP, São Paulo. <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-25012011-112911/pt-br.php>.

Alves-Brito, A.; Cortesi, A. (2020). Complexidade em Astronomia e Astrofísica. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, 43(1), e20200418. <https://www.scielo.br/j/rbef/a/v56DKDxvnLr3wGDYDKWWCJh/?lang=pt&format=pdf>.

Bonfim, C. S.; Garcia, P. M. P. (2021). Investigando a “Terra plana” no YouTube: contribuições para o ensino de Ciências. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, 12(3), 1-25. <https://revista-pos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/2892>.

Capozoli, U. (2002). A divulgação e o pulo do gato. In: Massarani, L.; Moreira, I. C.; Brito, F. (orgs.) Ciência e público: caminhos da divulgação científica no Brasil. Rio de Janeiro: Casa da Ciência (UFRJ), 121-131. http://www.museudavida.fiocruz.br/images/Publicacoes_Educacao/PDFs/cienciaepublico.pdf

Carneiro, D. L. C. M.; Longhini, M. D. (2015). Divulgação científica: as representações sociais de pesquisadores brasileiros que atuam no campo da astronomia. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia (RELEA), 20, 7–35. <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/204>.

Coffey, J. (2008). Diameter of the Solar System. Universe Today. <https://www.universetoday.com/15585/diameter-of-the-solar-system/#:~:text=It%20is%20143.73%20billion%20>

km,diameter%20of%20287.46%20billion%20km.

Cunha, M. B.; Giordan, M. (2009). A divulgação científica como um gênero de discurso: implicações na sala de aula. Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Florianópolis. <http://axpfep1.if.usp.br/~profis/arquivos/viiienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/89.pdf>.

Damineli, A.; Steiner, J. (2010). O Fascínio do Universo. São Paulo: Odysseus. <http://www.astro.iag.usp.br/fascinio.pdf>.

Feng, F.; Jhones, H. R. A. (2018). Was Proxima captured by Alpha Centauri A and B? Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 473(3), 3185–3189. <https://doi.org/10.1093/mnras/stx2576>.

Ferreira, E. C. (2011). Inclusão de astrofísica e cosmologia no ensino médio: uma motivação ao estudo de ciências. Monografia (Licenciatura em Física) – UNESP, Presidente Prudente, SP. <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/149279/000875964.pdf?sequence=1>.

Forbes, D. A.; Kroupa, P. (2011). What Is a Galaxy? Cast Your Vote Here. Publications of the Astronomical Society of Australia, 28, 77–82. <https://www.publish.csiro.au/as/pdf/AS10029>.

Ghez, A. M. et al. (1998). High Proper Motion Stars in the Vicinity of Sgr A*: Evidence for a Supermassive Black Hole at the Center of Our Galaxy. ArXiv. <https://arxiv.org/pdf/astro-ph/9807210.pdf>.

Gil, V.; Ferrari, F.; Emmendorfer, L. (2015). Investigação da aplicação de algoritmos de agrupamento para o problema astrofísico de classificação de galáxias. Revista Brasileira de Computação Aplicada, Rio Grande do Sul, 7(2), 52-61. <http://seer.upf.br/index.php/rbca/article/view/4653/3332>.

Herschel, W. (1785). On the Construction of the Heavens. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 75, 213-266. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstl.1785.0012>.

Hou, L. G.; Han, J. L. (2014). The observed spiral structure of the Milky Way. Astronomy & Astrophysics, 569, A125. <https://www.aanda.org/articles/aa/abs/2014/09/aa24039-14/aa24039-14.html>.

Howell, E.; Harvey, A. (2022). How many galaxies are there? Space.com. <https://www.space.com/25303-how-many-galaxies-are-in-the-universe.html>.

Kant, I. (1755) Universal natural history and theory of the heavens or essay on the constitution and the mechanical origin of the whole universe according to Newtonian principles. <http://users.clas.ufl.edu/burt/spaceshotsairheads/Kantuniversalnaturalhistory.pdf>.

Lang, K. R. (1992). Astrophysical Data: Planets and Stars. New York, U. S. A.: Springer-Verlag.

Langhi, R.; Nardi, R. (2009). Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica. Revista Brasileira de Ensino de Física, 31(4), 4402. <https://www.scielo.br/j/rbef/a/jPYT5PRkLsy5TJQfM8pDWKB/?format=pdf&lang=pt>.

Langhi, R.; Nardi, R. (2014). Justificativas para o ensino de Astronomia: o que dizem os pesquisadores brasileiros? Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 14(3), 41-59.

<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4292/2857>.

Lopez-Rodriguez, E. et al. (2019). SOFIA/HAWC+ traces the magnetic fields in NGC 1068. ArXiv. <https://arxiv.org/abs/1907.06648>.

Maran, S. P. (2011). *Astronomia para leigos*. Rio de Janeiro: Alta Books.

Masetti, M. (2015). How Many Stars in the Milky Way? NASA. <https://asd.gsfc.nasa.gov/blueshift/index.php/2015/07/22/how-many-stars-in-the-milky-way/>.

Massarani, L. (2008). *Ciência e criança: a divulgação científica para o público infante juvenil*. Rio de Janeiro: Museu da Vida / Casa de Oswaldo Cruz / Fiocruz, 2008.

Moreira, I. C. (2006). A inclusão social e a popularização da ciência e tecnologia no Brasil. *Inclusão Social*, 1 (2), 11-16. <https://revista.ibict.br/inclusao/article/view/1512>.

Oliveira Filho, K. S.; Saraiva, M. F. O. (2014). *Astronomia e Astrofísica*. Porto Alegre. São Paulo: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>.

Pinto, G. A. (2007). *A divulgação científica como literatura e o ensino de ciências*. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-07122007-160508/pt-br.php>.

Pultarova, T.; Tillman, N. T. (2021). Milky Way galaxy: Facts about our galactic home. Space.com. <https://www.space.com/19915-milky-way-galaxy.html>.

Reid, M. R. (2009). Is there a Supermassive Black Hole at the Center of the Milky Way? *International Journal of Modern Physics D*, 18(6), 889-910. <https://www.worldscientific.com/doi/epdf/10.1142/S0218271809014820>.

Ribas, I. et al. (2005). First Determination of the Distance and Fundamental Properties of an Eclipsing Binary in The Andromeda Galaxy. ArXiv. <https://arxiv.org/abs/astro-ph/0511045>.

Rodrigues, F. M.; Briccia, V. (2019). O ensino de astronomia e as possíveis relações com o processo de alfabetização científica. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, 28, 95-111. <https://www.relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/419/417>.

Shapley, H.; Curtis, H. (1921). The Scale of the Universe. *Bulletin of the National Research Council*, 2(11), 171-217. <https://archive.org/details/scaleofuniverse00shap/page/n1/mode/2up>.

Silveira, F. L. (2017). Sobre a forma da Terra. *Física na Escola*, 15(2), 4-14. <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol15-Num2/a02-low.pdf>.

Soares, D. S. L. (2007). *As Nuvens de Magalhães*. UFMG. <http://xingu.fisica.ufmg.br:8087/oap/public/pas71.htm>.

Souza, L. A.; Silveira, L. R. J.; Cassab, C. (2021). A Universidade ocupa a cidade: relato de uma experiência extensionista. *Anais do III Seminário "Cidades, Territórios e Direitos"*, UFV, Viçosa (MG). <https://www.even3.com.br/anais/sctd2020/279206-a-universidade-ocupa-a-cidade--relato-de-uma-experiencia-extensionista/>.

Sullivan, W. (2021). The Earth's Equatorial Bulge Shapes the Planet's Physics. Inside Science. <https://www.insidescience.org/news/earths-equatorial-bulge-shapes-planets-physics>.

Vieira, K. M.; Macedo, S. S.; Corrêa, S. F. (2021). Uso de estratégias metodológicas no ensino de física, matemática e química: relato de caso de uma ação extensionista. In: Alves, W. L. C. Educação Contemporânea: novas metodologias e desafios. Belo Horizonte, MG: Synapse Editora.

Wendel, J. (2021). Why do the planets in the solar system orbit on the same plane? Livescience. <https://www.livescience.com/planets-orbit-same-plane>.

Wethington, N. (2008). The Diameter of the Milky Way. Universe Today. <https://www.universe-today.com/21998/the-diameter-of-the-milky-way/>.

Williams, M. (2016). What happens when galaxies collide? Phys.org. <https://phys.org/news/2016-10-galaxies-collide.html>.

Wright, T. (1750). An Original Theory or New Hypothesis of the Universe. London. <https://public-domainreview.org/collection/an-original-theory-or-new-hypothesis-of-the-universe>.

Wuensche, C. A. (2003). Capítulo 6 – Galáxias. São José dos Campos: INPE. <http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/08.14.14.56/doc/publicacao.pdf>.

Xerxenevsky, L. L. (2008). Tópicos sobre formação e estrutura da Via Láctea. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/14777>.

FECHA DE ENVÍO: 16/02/2022

FECHA DE ACEPTACIÓN 09/02/2022