

Aprendizaje experiencial para aprender a
calcular distancias en astronomía.

Edwin Santiago Leandro

ESCUELA DE FÍSICA

Proyecto final de curso
Didáctica Universitaria



RESUMEN

Uno de los temas más abstractos en la clase de Fundamentos de Astronomía es la clase sobre aprender cómo se miden distancias en Astronomía. Esta estrategia busca poder visualizar claramente estos procesos a través de la experimentación, con materiales sencillos de conseguir.

1. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO DIDÁCTICO:

El curso de Fundamentos de Astronomía es un curso de repertorio donde se explican todos los conceptos básicos sobre la astronomía y sus áreas principales. El curso es completamente teórico. Se evalúan muchos tipos de temas diferentes, que conllevan diferentes estrategias de estudio. Algunos temas son meramente matemáticos y requieren de la resolución de problemas, mientras que otros temas son completamente conceptuales y llevan al análisis profundo (por ejemplo, como entender por qué algo funciona como funciona, o por qué un método es más eficiente que otro para medir lo deseado). Incluso, habrá temas que conllevan más que nada de memoria para poder aprenderse, como lo es el caso de las características de cada planeta del sistema solar, o los tipos de galaxia y sus diferencias. En este, suelen matricular entre 50 y 60 estudiantes, la mayoría de primer ingreso, y de todas las carreras. Es un curso teórico que suele enseñarse en un auditorio y son 2 clases de 2 horas cada una (4 horas semanales en total). Si bien se cuentan con 2 horas de consulta, por la naturaleza de ser un repertorio, muy difícilmente alguien utiliza esta herramienta. Ninguna carrera lleva este curso de forma obligatoria.

2. DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

2.1 SITUACIÓN DE APRENDIZAJE A RESOLVER

Si bien la astronomía es un tema que despierta mucho el interés de las personas, a veces puede estar llena de conceptos abstractos que requieren de creatividad para poder transmitir a un público general. En particular, en el repertorio de Fundamentos de Astronomía, hay un tema llamado “Unidades de las distancias Astronómicas”, donde se enseñan varias estrategias para estimar distancias a diferentes cuerpos celestes, y las unidades de medida que se utilizan en diferentes escalas. Una de estas estrategias, la paralaje anual, tiene la particularidad de que la fórmula y los problemas matemáticos son sumamente sencillos, pero es muy fácil utilizarla sin necesariamente comprender por qué funciona, y cómo es que se utiliza el paralaje exactamente para medir esas distancias y poder utilizar la fórmula en cuestión. Me he encontrado últimamente con la problemática de que este es un tema abstracto, y una explicación magistral, con visualizaciones y animaciones, no llega a ser suficiente para que el concepto quede bien interiorizado. Las clases más activas del tema se utilizaban para resolver ejercicios, sin embargo, las personas lograban resolver los ejercicios sin necesariamente entender el concepto. Es importante buscar un mecanismo menos pasivo que permita visualizar en la mejor medida posible el fenómeno del paralaje.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

La estrategia didáctica consiste en realizar un experimento, con materiales fáciles de conseguir, que nos permitan visualizar el concepto de paralaje. Se utilizará una cartulina blanca, marcadores, transportador, reglas y una cinta métrica. El concepto más fundamental detrás del paralaje, es que los objetos parecen moverse más lentamente cuando se encuentran más lejos. Este fenómeno se puede utilizar para calcular la distancia a un objeto. La idea detrás del experimento sería, en parejas, observar a un objeto desde dos puntos diferentes. Una persona procede a observar el objeto desde dos puntos diferentes, y compararlo con la cartulina del fondo. La otra persona, se encarga de marcar en la cartulina dónde aparenta ver la persona el objeto, y con eso, calcular el ángulo de paralaje que se reportó. Con esto, es posible obtener la distancia de la persona al objeto. Esto luego se puede medir con cinta métrica, y se puede comparar el resultado calculado con paralaje, con el verdadero resultado.

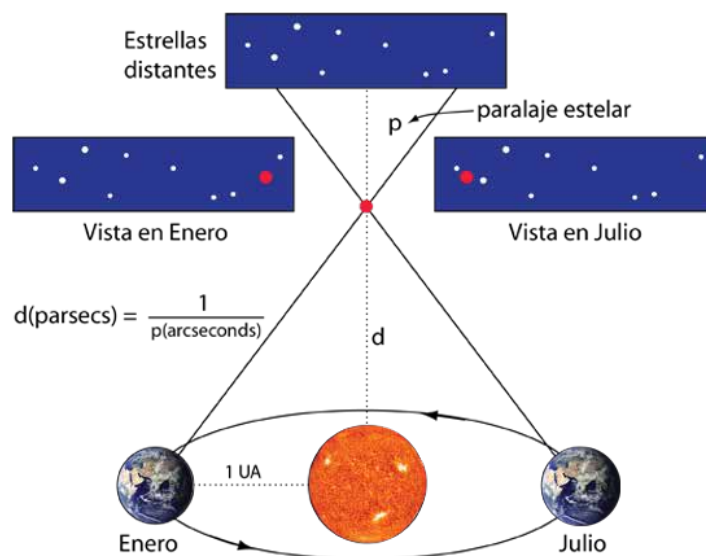


FIGURA 1. Imagen representativa del concepto de paralaje en astronomía. Imagen recuperada de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Astro/para.html>

La estrategia didáctica no se reduce a realizar el experimento. La idea sería, luego del experimento, analizar grupalmente lo aprendido, y responder preguntas conceptuales sobre el concepto de paralaje. Por ejemplo, se pueden responder dudas sobre si el objeto estará más lejos o más cerca si el ángulo disminuye, o si es útil que los dos puntos de comparación estén más alejados entre sí. Finalmente, este concepto aprendido, se utilizará para explicar por qué la fórmula funciona, y por qué se utilizan dos puntos diferentes en la órbita de la tierra para estimar distancias astronómicas. El profesor se encontraría en el proceso durante los experimentos para asegurar que no haya dudas. Quien utilice esta estrategia, debe tener de manera preparada preguntas generadoras para fomentar la curiosidad y la discusión del tema. El estudiantado tomaría el rol de armar el equipo,

y coordinarse con la pareja para llevar a cabo el experimento. Luego de eso, el grupo nos comentaría sobre el tipo de cosas que le gustaron y que no les quedó claro de la lección para poderla mejorar más adelante.

2.3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La fundamentación teórica detrás de este tipo de estrategias es mejor conocida como la estrategia del “aprender haciendo”, o bien, el aprendizaje experiencial. Muchas personas a lo largo de la historia han defendido el punto de vista de que el mejor aprendizaje se realiza haciendo. Para la realización de esta estrategia didáctica, estaremos enfocándonos en el método de aprendizaje experiencial (ELM, por sus siglas en inglés), de David Kolb. A pesar de que no es el único mecanismo de aprendizaje que se recomienda, se piensa que el aprendizaje experiencial funciona porque el ser humano transforma las experiencias vividas en conceptos que más adelante proceden a guiar nuevas experiencias [1].

Kolb, en su trabajo de 1984 titulado “Experiential learning: experience as the source of learning and development”, propone 3 modelos diferentes para el proceso de aprendizaje experiencial. Uno de los que propone es el modelo lewiniano de aprendizaje experiencial. Bajo este modelo, las experiencias concretas llevarán a realizar ciertas observaciones y reflexiones de estas. Esto puede formar conceptos abstractos cuyas implicaciones se pueden probar a través del experimento. Estos experimentos llevarán a experiencias concretas, y esto permite continuar con el ciclo de aprendizaje [2]. Este modelo se ajusta correctamente a lo que se busca realizar en el contexto del curso de Fundamentos de Astronomía.

En su trabajo, Kolb menciona que el aprendizaje no debe verse de la forma idealizada planteadas por personas como Watson, Hull, Skinner y otras personas, sino que debe entenderse el aprendizaje más como un proceso, y no a través de los resultados. Para Kolb, el ser humano, por naturaleza, aprende a través de sus experiencias con el entorno. Es a través de interactuar con el entorno, que aprendemos cómo este mismo funciona; lo cual nos permite tener más herramientas para formar un modelo en nuestras cabezas, y aplicarlo para interactuar aún más con el entorno, ciclo que se sigue manteniendo. Por esta razón, Kolb ve esencial la interacción y no solo el aprendizaje pasivo, como una estrategia de aprendizaje que puede devolver mejores resultados [2].

El aprendizaje experiencial tiene diversas críticas. Entre las críticas que se pueden mencionar a este tipo de modelo de aprendizaje, es que puede llevar a conclusiones falsas. Como bien es sabido, a veces el empirismo por sí solo no es suficiente para entender el mundo. Es muy fácil para el ser humano notar una correlación, e inmediatamente asignarle un fenómeno de causa y efecto. Por esta razón, el modelo generado en el cerebro, si se aprende a través del método experiencial, puede llevar a conclusiones falsas. Otra de las críticas es que el aprendizaje a través de las experiencias a veces viene acompañado de los prejuicios y el dogmatismo. Es claro que los diferentes prejuicios y dogmas que existen en nuestras cabezas, pueden influenciar (o inclusive definir) el modelo generado

en nuestras mentes. Esto puede tener ramificaciones hasta peligrosas, dependiendo de lo que se está estudiando [3].

Ciertamente, en un contexto académico el método de Kolb es sumamente criticado. Se menciona, por ejemplo en el trabajo de Iain Garner (2000), que si bien los métodos de aprendizaje de Kolb pueden tener un rol en ayudarle al estudiantado sobre procesos de aprendizaje, y que en sí puede ser aplicado, pero que la fundamentación teórica en la que basa sus ideas son sumamente fallidas [4].

Con todo lo mencionado en esta sección, es importante tomar en cuenta que, si bien es cierto que el ser humano utiliza sus experiencias y las interacciones entre el ser humano y el entorno para entender el mundo alrededor, y aprender en el proceso, en el contexto de una clase, es importante que este proceso sea guiado, y que se pueda discutir sobre diferentes modelos e ideas; en especial si se quiere enseñar un modelo científico que tiene siglos siendo utilizado y que se conoce que funciona para el objetivo de estimar distancias, como lo es el paralaje. Al final de cuentas, es importante utilizar múltiples procesos de enseñanza, dependiendo del contexto en el cual se está trabajando, y el grupo de estudiantes que uno tiene al frente. Ciertamente, es importante también decir que este tipo de procesos de aprendizaje haciendo, tienen un rol importante en las ciencias exactas y naturales.

2.4 PLANEAMIENTO DE LA SESIÓN

2.4.1 OBJETIVO ESPECÍFICO PLANTEADO PARA LA SESIÓN

Ilustrar el concepto de paralaje para la medición de distancias a través de experiencias, con ayuda de un experimento con materiales simples.

2.4.2 CONTENIDOS

Paralaje:

- a. Cálculo de distancias con paralaje anual
 - ¿Qué es el paralaje?
 - ¿Cómo el paralaje depende de la distancia?
 - ¿Qué es el paralaje anual?
 - ¿Cómo se miden distancias astronómicas con paralaje anual?

El paralaje corresponde a una diferencia de posición aparente de un objeto cuando lo vemos desde dos perspectivas diferentes. Cuando se observa el mundo tridimensional, es normal para el cerebro tener que lidiar con asuntos de perspectiva y contextos del entorno, para entender y decidir qué objeto se encuentra más lejos y qué objeto se encuentra más cerca. Uno de los mecanismos que utiliza nuestro cerebro es el de paralaje. Si alguna vez usted ha estado en un medio de transporte, y nota que

los postes de luz se mueven más rápido que las casas, y que las casas se mueven más rápido que las montañas del fondo, entonces ha experimentado el paralaje. Debido al paralaje, las cosas que están más cerca parecen moverse más que las cosas que están más lejos. La forma en la que se utiliza esto en astronomía es a través del paralaje anual. En el paralaje anual, se observa un objeto desde dos puntos diferentes en la órbita de la Tierra, y este objeto debería parecer moverse si se compara con las estrellas en el fondo, estrellas muy lejanas como para que el movimiento de la Tierra afecte (ver Figura 1). Entre más lejos se encuentre el objeto, menos será su ángulo de paralaje. En general, es posible calcular la distancia al objeto de la forma:

$$d = \frac{1}{\theta''} pc$$

Donde la distancia se encuentra en pársecs, y el ángulo en arcosegundos, Esta es una fórmula aproximada que solo sirve para distancias muy lejanas, lo cual definitivamente es el caso cuando hablamos de las distancias a otras estrellas en nuestra galaxia. Para distancias más cercanas, la fórmula a utilizar sería

$$d = \frac{r}{\tan(\theta)}$$

Donde r es la mitad de la distancia entre un punto y el otro.

2.4.4 SECUENCIA DIDÁCTICA

La clase dará inicio aprovechando la observación concreta que la clase muy probablemente ya conoce, que es la de encontrarse en el transporte y notar que los postes se mueven más que las montañas. Iniciaremos haciendo la consulta de a qué se debe este fenómeno. Después de proponer varias ideas, se iniciará a explicar en qué consiste el paralaje. Esta explicación debe ser corta y resumida, ya que se tendrá la oportunidad de profundizar en el tema después del experimento. Una vez explicado el resumen de qué es paralaje, se le hará la consulta a la clase, de si piensan que ese concepto se puede utilizar para sacar las distancias a los objetos, especialmente en astronomía. Se dará un tiempo para que piensen si esto es algo posible o no, y por qué, y estas ideas se discutirán en clase. El objetivo con este inicio de clase es partir de la observación concreta para definir un concepto abstracto cuyas implicaciones se puedan verificar con el experimento, siguiendo el modelo lewiniano.

Para el desarrollo de la clase, se procede con el experimento. Se les habrá pedido previamente traer reglas, transportadores y cinta métrica. El docente puede traer las cartulinas. En parejas, iniciarán dibujando cosas en la cartulina (estas serán la analogía a las estrellas en el fondo). Luego pondrán un objeto cualquiera entre uno de los estudiantes y la cartulina. El estudiante se moverá a la izquierda, y le dirá a la pareja qué de la cartulina está siendo tapado por el objeto. Una vez que la persona se mueva, ahora el objeto tapará otro lado de la cartulina, y se

marca ese otro punto. Con esa diferencia de puntos, la persona usará el transportador para pedir el ángulo de paralaje, y con eso, y la distancia que se movió la persona, se sacará la distancia de la persona al objeto. El experimento se repetirá, pidiéndole a la persona que se mueve poca distancia, y luego se le dejará moverse a gusto, pero se le pedirá que se aleje más del objeto. Del experimento, volvemos a las observaciones concretas. Se discutirá en la clase cuáles fueron las observaciones que se hicieron, y en qué afectaba el ángulo de paralaje que la persona se moviera poco, o que estuviera más lejos del objeto. Si el experimento se hace correctamente, la persona estudiante debería notar que es más fácil notar la diferencia respecto al fondo cuando uno tiene libertad de moverse más.

Para concluir, se buscará un análogo en astronomía. El equivalente a la cartulina serán las estrellas en el fondo. Necesitamos una forma de poder observar la estrella desde dos puntos diferentes para poder notar el paralaje. Se les preguntarán a los estudiantes, cómo podríamos ver la estrellas desde dos puntos diferentes, y se puede hacer una discusión de ideas. Para finalizar, les comento que los puntos más alejados posibles que se pueden utilizar serían dos puntos en la órbita de la Tierra, aprovechándonos de que ella ya se mueve en el espacio. Esto permitiría tener un concepto claro de qué es el paralaje anual, y por qué funciona.

Al finalizar la clase, se dará un formulario donde se preguntará qué le pareció la clase al estudiante, qué aspectos de la clase le gustaron y qué aspectos considera que deben mejorar. Para tener una calificación, se finalizará el formulario con que indiquen qué tanto les gustó la dinámica del 1 al 5, y qué tanto consideraron que aprendieron la materia del 1 al 5. Para determinar si se mejoró el entendimiento del tema, también se les preguntará que expliquen, a nivel conceptual, cómo se utiliza el paralaje anual para medir distancias astronómicas. Qué tan bien responden esta pregunta se revisará del 0 al 5. Este será de forma anónima para que la persona se sienta en confianza de decir lo que opina.

3. APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

El lunes 13 de noviembre se aplica la estrategia didáctica. En total, 39 estudiantes participaron de la misma. Se explica la parte teórica y se realiza el ejercicio de ejemplo. A la hora de distribuir los grupos, resulta que no todas las personas trajeron materiales, por lo cual había 1 grupo entero sin los suficientes materiales para realizar la actividad. Esto llevó a la dificultad de este grupo para realizar la actividad con éxito.

Aparte de eso, conforme los grupos iban trabajando, yo pasé por los grupos para atender las dudas que tuvieran. Una de las problemáticas que surgió en este momento era que tomaba una cantidad considerable de tiempo atender las dudas de cada grupo individual, esto llevó a grupos que tuvieron que esperar alrededor de 20 minutos o más para que sus dudas pudieran ser bien atendidas. Dejando todo esto de lado, noté que el grupo se estaba divirtiendo con la actividad, y que estaban hablando con personas que no habían hablado antes en el grupo.

Una vez finalizada la actividad, volvimos al aula y hablamos grupalmente sobre las experiencias de haber aplicado la actividad. Para finalizar, respondieron las preguntas que se plantearon en la secuencia didáctica, y con esto finalizó la clase.



FIGURA 2. Collage de imágenes tomadas del estudiantado el día de la actividad.

4. VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS

Si bien, se pudo notar que el grupo se divirtió, y que se notó una experiencia positiva en la clase. Siempre es importante hacer el análisis de resultados de las evaluaciones anónimas. La Figura 3 muestra, calificado del 1 al 5, qué les pareció la clase y qué tanto consideraron que aprendieron sobre el tema de paralaje. Uno de los aspectos principales que destaca de realizar este análisis es que las gráficas muestran resultados diferentes. Es importante notar que, incluso bajo el criterio personal de cada estudiante, reconocen la diferencia entre una clase que les gustó personalmente, y una clase donde sienten que aprendieron. Habiendo dejado eso claro, creo que es importante mencionar que ambos gráficos muestran resultados en promedio positivos. El promedio del gráfico de la izquierda es de 4.8, y el promedio del gráfico de la derecha es de 4.3.

¿Qué le pareció la clase de hoy?



¿Qué tanto considera que aprendió sobre el tema de paralejo?

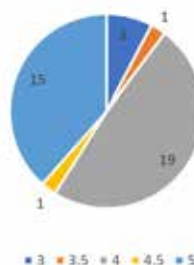


FIGURA 3. Resultados sobre las preguntas sobre los sentimientos encontrados sobre la clase.

En la figura 4, se muestra un resumen sobre el tipo de retroalimentación que dio el estudiantado, tanto positivo como negativo. Si bien cada estudiante lo expresó con sus propias palabras, con el objetivo de poder visualizar cuáles son los tipos de comentarios que se dijeron más frecuentemente, en la Figura 4 se redujeron los comentarios al aspecto principal. Las figuras se encuentran diseñadas de tal forma que un mayor tamaño corresponde a un comentario que fue más comúnmente dicho.

Lo que más se puede notar en el gráfico de la izquierda, es que, en su mayoría, la clase reconoció como positivo el haber trabajado en grupo, el aplicar la teoría al mundo real, y el haberse divertido en la clase. Si bien las de divertirse y la de aplicar la teoría al mundo real eran de esperarse y son fáciles de explicar, la respuesta de trabajar en grupo fue más inesperada. Esto se dice porque el curso contiene varios trabajos en grupo, entonces no esperaba que esto fuera tan apreciado de la actividad de hoy. Cuando las personas lo explicaban con sus propias palabras, lo que expresaban es que tuvieron el chance de socializar y de conocer personas del grupo que no conocían antes, lo que me hizo entender la explicación. La razón por la cual, a pesar de los numerosos trabajos en grupo, el grupo conoció gente nueva en la actividad de hoy, es porque la limitación de materiales obligó a que no se formaran los mismos grupos de siempre. La razón por la cual no conocían al resto del grupo era porque en los trabajos grupales siempre trabajaban los mismos grupitos, lo cual limitaba este aspecto. Esto es importante tomando en cuenta que la clase contiene entre 40 y 50 estudiantes, dependiendo del día.

En el gráfico de la izquierda, es aspecto más mencionado por mejorar era el de atención de dudas. Esto definitivamente lo esperaba debido a que se me fue imposible atender las dudas de forma expedita, dado el tamaño del grupo y la cantidad de dudas que surgieron simultáneamente. Como, afortunadamente, el curso cuenta con una persona asistente, la experiencia me lleva a la lección de que, para este tipo de actividades, es importante pedirle a la persona asistente del curso que por favor asista ese día para poder ayudar con la atención de dudas. El segundo aspecto por mejorar más marcado fue el de mayor claridad en las instrucciones. Cuando las personas lo escribían con sus propias palabras, lo que expresaban es que no tenían una lista de

pasos específica que seguir, donde se pueden mover una distancia específica y saben cuánto tiene que dar la respuesta para que comparen. Esta lista de pasos con mediciones concretas yo no la realicé porque tenía la intención de que fuera un ambiente más libre. Siguiendo la estructura de aprendizaje del modelo de Kolb, la idea que yo tuve inicialmente con la actividad era que exploraran bajo sus propios términos y pusieran a las personas a las distancias que quisieran, y de esta manera descubrieran las implicaciones de intentar cosas diferentes de forma natural. Mi idea era que simulara mejor el proceso científico cuando la persona está descubriendo el nuevo fenómeno, y no siguiendo al pie de la letra una lista de instrucciones. Una forma en la cual esto se puede arreglar es dando una lista de pasos a seguir con mediciones concretas a obtener para la primera media hora de la actividad que les permita familiarizarse bien con el experimento, y que la otra media hora sea libre para que puedan tener la etapa de descubrimiento.



FIGURA 4. Tabulación de la retroalimentación brindada por el estudiantado. A la izquierda se encuentra un resumen sobre los aspectos que rescatan como positivos de la clase. A la derecha se encuentran los aspectos por mejorar.

El tercer aspecto por mejorar más mencionado es el de que todos los grupos tengan materiales. Si bien yo le especificué a la clase cuáles materiales debían brindar, lo cierto fue que al final varias personas olvidaron traerlos, y eso llevó a que no todos los grupos tuvieran los materiales. Esto se puede arreglar de dos formas. Una de ellas es comprando materiales extra para esos casos particulares donde falten materiales. La otra forma de arreglarlo es dando un recordatorio concreto la clase y los días antes de la actividad, para que no olviden traer los materiales necesarios para llevar a cabo el experimento.

La figura 5 muestra, del 0 al 5, qué tan bien respondieron la pregunta conceptual sobre cómo se utiliza el paralaje para estimar distancias en astronomía. Es claro que les fue mejor en responder este día de lo que les fue cuando se puso esta misma pregunta en el examen anteriormente. En promedio, si tuviera una calificación esta pregunta, hubieran obtenido 4.025 puntos de 5, lo cual es una mejora significativa respecto al examen.



FIGURA 5. Resultados sobre qué tan bien respondieron la pregunta sobre cómo se utiliza el paralaje anual para estimar distancias en astronomía.

Si bien se podría concluir de esto que el método didáctico sin lugar a duda logró el objetivo de profundizar mejor el conocimiento de paralaje, no se tiene la evidencia suficiente para poder decir que esta lección obtuvo mejores resultados de los que se obtendrían teniendo una segunda clase adicional de repaso donde se explica nuevamente el tema. Lo que se quiere decir con esto, es que es difícil separar cuánto de la mejora se debe a que repasaron el concepto, y cuánto se debe a que el aprendizaje experiencial estableció una diferencia en el proceso de aprendizaje. Lo que no se puede negar es que el grupo disfrutó mucho de la actividad, y eso debe también tomarse en cuenta al decidir cómo realizar una clase.

De todo lo mencionado anteriormente, se rescatan las siguientes conclusiones:

- El grupo sí mostró una mejora en el entendimiento del tema después de realizada la clase experimental.
- A pesar de que se hacían trabajos en grupo, la actividad mostró que había un hambre en el grupo por conocer otras personas y socializar más seguido. Futuros semestres se realizarán variando los grupos
- Una futura aplicación de esta actividad sería mejor implementada con una segunda persona ayudando a atender dudas, y con instrucciones específicas sobre cuáles mediciones tomar la primera mitad de la actividad.
- Si bien no se puede concluir que la clase fue más eficiente que hacer un segundo repaso del tema, debe rescatarse que el grupo disfrutó mucho la lección, y eso tiene mucho valor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Robert Loo (2002) A Meta-Analytic Examination of Kolb's Learning Style Preferences Among Business Majors, *Journal of Education for Business*, 77:5, 252-256, DOI: 10.1080/08832320209599673
2. David A. Kolb (1984): *Experiential learning: experience as the source of learning and development*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
3. Miettinen, Reijo. (2000). The Concept of Experiential Learning and John Dewey's Theory of Reflective Thought and Action. *International Journal of Lifelong Education* 19 (2000) : 1, s. 54-72. 19. DOI: 10.1080/026013700293458.
4. Iain Garner (2000) Problems and Inconsistencies with Kolb's Learning Styles, *Educational Psychology: An International Journal of Experimental Educational Psychology*, 20:3, 341-348, DOI: 10.1080/713663745