

TEORÍA DE LOS CAMPOS CONCEPTUALES COMO INSTRUMENTO PARA PLANIFICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE RECURSOS TECNOLÓGICOS PARA LA ENSEÑANZA DE CIENCIAS

TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS COMO INSTRUMENTO PARA O PLANEJAMENTO E CONSTRUÇÃO DE RECURSOS TECNOLÓGICOS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

CONCEPTUAL FIELDS THEORY AS A TOOL FOR PLANNING AND BUILDING TECHNOLOGICAL RESOURCES FOR SCIENCE EDUCATION

Priscila Cadorin NICOLETE¹

Aline Coelho dos SANTOS²

Liane Margarida Rockenbach TAROUCO³

Marta Adriana Machado da SILVA⁴

RESUMEN: Este trabajo presenta la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud como un instrumento para planificación y construcción de recursos tecnológicos para prácticas pedagógicas. El estudio tiene como objetivo investigar de qué manera un aplicativo móvil a la luz de la teoría de Vergnaud puede contribuir a la enseñanza de conceptos relacionados con el Principio de Arquímedes para estudiantes en el noveno grado de la escuela primaria. La investigación se llevó a cabo con 78 estudiantes de una escuela primaria pública y tuvo un enfoque cuantitativo y cualitativo, con el procedimiento de un estudio de caso. El estudio demuestra el potencial de la teoría de Vergnaud como marco teórico para la planificación didáctica y la construcción de recursos tecnológicos que involucran activamente a los estudiantes en los procesos de enseñanza y aprendizaje, ya que ayuda en el diseño de situaciones de enseñanza, en la selección de conceptos y teoremas clave y las relaciones entre ellas.

PALABRAS CLAVE: Teoría de los campos conceptuales. Enseñanza de Ciencias. Aprendizaje móvil.

RESUMO: Este trabalho apresenta a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud como instrumento para o planejamento e construção de recursos tecnológicos para práticas

¹ Universidad Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre – RS – Brasil. Doctoranda en el Programa de Posgrado en Informática en la Educación, Centro Interdisciplinario de Nuevas Tecnologías en la Educación. Becaria del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4185-6417>. E-mail: priscilanicolete@hotmail.com

² Colégio Murialdo, Araranguá – SC – Brasil. Profesora de Enseñanza Básico en el Departamento de Ciencias de la Naturaleza. Máster en Tecnologías de la Información y Comunicación (UFSC). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0931-2372>. E-mail: aline.cds@live.com

³ Universidad Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre – RS – Brasil. Profesora del Centro Interdisciplinario de Nuevas Tecnologías en la Educación. Doctorado en Ingeniería Eléctrica (USP). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5669-588X>. E-mail: liane@penta.ufrgs.br

⁴ Universidad del Extremo Sur Catarinense (UNESC), Criciúma – SC – Brasil. Profesora en el Sector de Educación a Distancia. Doctorado en Ingeniería y Gestión del Conocimiento (UFSC). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0002-9781>. E-mail: marta.php@gmail.com

pedagógicas. O estudo tem como objetivo investigar de que maneira um aplicativo móvel, à luz da teoria de Vergnaud, pode contribuir para o ensino de conceitos referentes ao Princípio de Arquimedes para alunos do 9º ano do ensino fundamental. A pesquisa foi realizada com 78 estudantes de uma escola pública e teve uma abordagem quantitativa e qualitativa, com procedimento de um estudo de caso. O estudo demonstra o potencial da teoria de Vergnaud como referencial teórico para o planejamento didático e na construção de recursos tecnológicos que envolvam ativamente os estudantes nos processos de ensino e aprendizagem, pois auxilia no desenho de situações de ensino, na seleção dos conceitos e teoremas-chave e suas relações.

PALAVRAS-CHAVE: *Teoria dos campos conceituais. Ensino de ciências. Aprendizagem móvel.*

ABSTRACT: *This research examines the role of technological resources in lesson planning and teaching practices in the context of Vergnaud's Theory of Conceptual Fields. All the work on the lectures was carried out using App Inventor to create a mobile app for 9th Grade students (age 13-14). Students had to understand how the mobile application contributes to learning Archimedes' principle and then take part on a survey after been given the lecture on buoyant force. The survey was taken by 78 students from a public school, with a quantitative and qualitative approach to the case study. Following this, the analysis showed that the Theory of Conceptual Fields is a crucial reference of didactic planning and can be used to build technological resources that actively engage students throughout their learning process, because it supports the class environment in selecting concepts and key-theories and what correlates between them.*

KEYWORDS: *Theory of conceptual fields. Science teaching. Mobile learning.*

Introducción

El estudio que aquí se presenta expone el uso de la Teoría de los Campos Conceptuales como referencia teórica para la construcción de una aplicación móvil (app) para la enseñanza del "Principio de Arquimedes". Para comprender este contenido, el alumno debe entender conceptos como la densidad y la flotabilidad. La aplicación se inspira en el experimento desarrollado por Jean Piaget y Bärbel Inhelder, que se encuentra en el libro *Da lógica da criança à lógica do adolescente* (1976). Este experimento consiste en proporcionar objetos de diferentes tamaños y materiales para que el sujeto los clasifique, indicando qué objetos flotan y cuáles se hunden en el agua, además de justificar las razones de su clasificación. A continuación, el sujeto debe depositar los objetos en un tanque de agua y observar el comportamiento de cada objeto. Al final, deben resumir sus resultados para llegar a una ley (PIAGET; INHELDER, 1976).

Los estudios de Piaget y colaboradores no tenían como objetivo la construcción del conocimiento escolar, sino el proceso de desarrollo cognitivo (NOGUEIRA; REZENDE, 2014). Sin embargo, los supuestos piagetianos fueron cruciales para la elaboración de la teoría de los campos conceptuales de Gérard Vergnaud, que favorecen las prácticas de intervención en el aula. Así, el experimento de Piaget e Inhelder sirvió de inspiración para la creación de la app, que sin embargo se construyó a la luz de la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud, con el objetivo de intervenir en el proceso de enseñanza y aprendizaje, ofreciendo ayudas al alumno para alcanzar el conocimiento.

Para desarrollar la aplicación se utilizó la plataforma App Inventor (<https://appinventor.mit.edu/explore>), creada por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Se eligió la plataforma del MIT porque es un entorno de programación visual e intuitivo, diseñado para que cualquiera pueda crear aplicaciones totalmente funcionales para smartphones y tabletas (MIT, 2020).

Así, este estudio tiene la siguiente pregunta de investigación: *¿Cómo puede una aplicación móvil, desarrollada a la luz de la Teoría de los Campos Conceptuales, contribuir a los procesos de enseñanza y aprendizaje de conceptos relacionados con el Principio de Arquímedes?* Para responder a esta pregunta, el estudio siguió un enfoque cualitativo y cuantitativo, con procedimientos técnicos de un estudio de casos.

Teoría de los Campos Conceptuales

La Teoría de los Campos Conceptuales (TCC), desarrollada por Gérard Vergnaud, es una teoría cognitivista que pretende "proponer un marco para comprender las filiaciones y rupturas entre los conocimientos en los niños y los adolescentes" (VERGNAUD, 1993). La teoría proporciona un marco teórico para las investigaciones sobre actividades cognitivas complejas, especialmente las relacionadas con el aprendizaje científico y técnico.

La teoría se centra en las representaciones, los esquemas y los conceptos que utilizan los alumnos para resolver los problemas. Para Vergnaud, la enseñanza de un concepto no puede reducirse a su definición, porque un concepto sólo será comprendido por el individuo si se aplica en situaciones, así como en la resolución de problemas que le den sentido (FIOREZE *et al.*, 2013).

Vergnaud sostiene que la obtención del conocimiento sigue tres premisas esenciales: (1) *un concepto no se forma a partir de un solo tipo de situación, de esta manera, el investigador sugiere la necesidad de diversificar las actividades de enseñanza para permitir a*

los estudiantes la posibilidad de probar sus modelos explicativos en diferentes contextos, enriqueciendo dichos modelos o transformándolos; (2) una situación no se analiza con un solo concepto, lo que implica la necesidad de una visión integradora del conocimiento, y; (3) la construcción y apropiación de todas las propiedades de un concepto o todos los aspectos de una situación es un proceso largo (DE CARVALHO JÚNIOR; DE AGUIAR JUNIOR, 2008; VERGNAUD, 1993).

Como se puede observar, en la TCC, Vergnaud destaca que el desarrollo cognitivo depende de las situaciones y de las conceptualizaciones específicas necesarias para afrontarlas (DE CARVALHO JÚNIOR; DE AGUIAR JUNIOR, 2008; MOREIRA, 2002). El autor afirma que el conocimiento se forma a partir de problemas y situaciones que hay que resolver. Estas situaciones son tareas que debe realizar el sujeto, que pueden ser teóricas o prácticas, en las que tendrá que descubrir relaciones, hacer inferencias, elaborar hipótesis y producir una solución.

Veamos algunos ejemplos: comprar regalos, fruta o chocolates; poner la mesa; cuentas personales; sentarse a la mesa; jugar a las canicas. Todo esto, para un niño de 6 años, son actividades favorables al desarrollo de conceptualizaciones matemáticas relacionadas con el número, la comparación, la suma y la resta (VERGNAUD, 1993).

El teórico destaca la construcción y el uso de esquemas como uno de los principales elementos para el aprendizaje (MOREIRA, 2002), definiéndolos como "[...] la organización invariante del comportamiento para una clase determinada de situaciones" (VERGNAUD, 1993, p. 2). Vergnaud señala que es en los esquemas donde hay que investigar el conocimiento-en-acción del sujeto, es decir, los elementos cognitivos que hacen operativa la acción del sujeto. Así, es a través de la construcción de un amplio repertorio de esquemas que se produce el desarrollo cognitivo, porque es a través de estos esquemas que el sujeto será capaz de dominar diferentes situaciones que se le presenten.

De este modo, un esquema se compone de cuatro elementos básicos: (a) *metas* y anticipaciones, a partir de las cuales el sujeto puede descubrir un posible propósito; (b) *reglas* de acción del tipo "si ... entonces", es decir, reglas para la generación del esquema, son reglas de búsqueda de información y control de los resultados, permiten al sujeto crear la secuencia de acciones; (c) *invariantes* operativas, son los conocimientos contenidos en los esquemas, son la base y permiten al sujeto obtener la información pertinente. Es a través de ellos que el sujeto hace inferencias, establece metas y define sus acciones, y finalmente; (d) *la inferencia*, que permite al sujeto razonar para tomar decisiones frente a la situación y a partir de la

información de los elementos anteriores (NOGUEIRA; REZENDE, 2014; ROCHA; BASSO, 2017).

Así, para Vergnaud, un concepto está formado por tres elementos: el conjunto de situaciones que dan sentido al concepto; los invariantes que representan el sentido del concepto, y; las representaciones simbólicas que permiten representar simbólicamente el concepto (VERGNAUD, 1993).

Materiales y Métodos

Este artículo se basa en la presentación del CCT de Vergnaud como herramienta para la planificación, construcción y aplicación en el aula de recursos tecnológicos para la práctica docente, y en la comprensión de los posibles beneficios generados para los procesos de enseñanza y aprendizaje. Así, el estudio se caracteriza por ser explicativo y con un enfoque mixto, utilizando técnicas cuantitativas y cualitativas para describir las causas de un fenómeno. Para llevar a cabo esta investigación, fue necesario completar las siguientes etapas: (i) estudio de la Teoría de los Campos Conceptuales; (ii) estudio del experimento "¿Flotadores o Hundidores?" de Piaget e Inhelder (1976); (iii) entrevista con el profesor de Ciencias; (iv) estudio de la plataforma App Inventor; (v) construcción de la app móvil; (vi) aplicación de la lección sobre el principio de Arquímedes con el uso de la app desarrollada; (vii) recogida y análisis de datos.

La aplicación en el aula fue precedida por una evaluación de diagnóstico y finalizada con una evaluación conceptual. Estas evaluaciones tenían el mismo contenido, compuesto por 12 preguntas sobre los conceptos relacionados con el principio de Arquímedes. Esta prueba forma parte de los instrumentos de recogida de datos y tiene por objeto comprobar la evolución de los alumnos en relación con los contenidos estudiados. Con el mismo objetivo, al final, los alumnos debían escribir un informe sobre lo que habían aprendido.

Además, tras la realización de todas las actividades, se aplicó un cuestionario para conocer la percepción de los alumnos sobre las actividades realizadas con el uso de la app, desde el punto de vista del contexto TIC. Para ello, se utilizó un cuestionario de 10 preguntas desarrollado por Favier y van der Schee (2012) y 7 preguntas tomadas del cuestionario desarrollado por Heck (2017), dando como resultado un cuestionario de 17 preguntas dispuestas en una escala Likert de cinco puntos. Las preguntas corresponden a cinco dimensiones: *implementación*, con el objetivo de verificar la facilidad de uso, el diseño y las instrucciones de uso; *contenido*, relevancia de la información mostrada; *satisfacción*, para

identificar cuánto disfrutaron los estudiantes al usar la aplicación; *hardware*, para conocer la confianza de los estudiantes al usar el smartphone para el aprendizaje; y finalmente, implementación y contenido. Además, el cuestionario tiene una pregunta abierta en la que el alumno puede indicar los puntos positivos y negativos de la app utilizada.

La muestra del estudio corresponde a 80 alumnos de 3 cursos de la Escola Municipal de Ensino Fundamental Paquetá en el municipio de Brusque - Santa Catarina, de los cuales 78 realizaron todas las actividades propuestas.

La aplicación "¿Flota o se hunde?"

La aplicación móvil denominada "¿Flotadores o Hundidores?" explora conceptos como la Densidad y la Flotabilidad mediante el uso de experimentos, vídeos, preguntas y actividades escritas. Se identificaron las situaciones, las invariantes operativas y las representaciones simbólicas de los conceptos, según la definición de Vergnaud (Cuadro 1).

Tabla 1 – Situaciones, invariantes operatorias y representación simbólica del Principio de Arquímedes

Situaciones que implican los conceptos de Flotabilidad y Densidad		Invariantes operativas susceptibles de ser enunciadas por los estudiantes	Representaciones simbólicas
Objetos que flotan o se hunden en el agua. Sistema operativo de un barco.		<p>La densidad de un cuerpo que determina si flotará o se hundirá en un fluido.</p> <p>El cuerpo se hunde si la densidad del cuerpo es mayor que la del fluido;</p> <p>El cuerpo está en equilibrio si la densidad del cuerpo es igual a la del fluido;</p> <p>El cuerpo flota en la superficie si la densidad del cuerpo es menor que la del fluido.</p> <p>El empuje es la fuerza que el líquido ejerce sobre el cuerpo sumergido o parcialmente sumergido.</p> <p>El volumen del líquido desplazado es igual al volumen del cuerpo que está en equilibrio.</p>	$d = \frac{m}{v}$ <ul style="list-style-type: none"> • d = densidad (kg/m³) • m = masa (g) • v = volumen (m³) $\vec{E} = d_F \cdot V_{FD} \cdot g$ <ul style="list-style-type: none"> • \vec{E} = empuje (N) • d_F = densidad del fluido (kg/m³) • V_{FD} = volumen del fluido desplazado (m³) • g = aceleración de la gravedad (m/s²)

Fuente: Elaborado por las autoras

Así, la aplicación pretende instigar la curiosidad de los estudiantes con experimentos, imágenes y vídeos que exploran el contenido. La aplicación se diseñó en forma de secuencia didáctica, con el fin de ofrecer al alumno diferentes momentos de aprendizaje. Comienza con el experimento de Piaget e Inhelder, con el objetivo de despertar la curiosidad de los alumnos, y luego, al pasar a las siguientes pantallas, se introducen los conceptos progresivamente (Figura 1).

Figura 1 – Pantallas de la aplicación “Flutua ou Afunda?”



Fuente: Play Store – App *Princípio de Arquimedes* - “Flutua ou Afunda?”

La primera pantalla contiene diferentes objetos, bajo los cuales el alumno debe decidir si se hunden o flotan en el agua; al hacer su elección, el alumno debe informar las razones de su clasificación. Esta experimentación en el tanque tiene como objetivo proporcionar un momento de reflexión sobre sus concepciones respecto al tema. Las reflexiones pueden llevar a respuestas como: *"El objeto se hunde porque es pesado"* o *"Flota porque es pequeño"*, sin embargo, mediante la experimentación puede darse cuenta de que, por ejemplo, una moneda *"pequeña"* y *"ligera"* no flotará. Aquí se pretende desestabilizar concepciones hasta entonces estables para que se construya un nuevo ordenamiento, generando así avances en la comprensión conceptual de los alumnos.

Es decir, el alumno pondrá a prueba sus esquemas, y si son ineficaces para esa situación, la experiencia le hará cambiar de esquema o modificar sus esquemas (ROCHA; BASSO, 2017). En este sentido, esta experimentación pretende desestabilizar las invariantes operativas, proporcionando oportunidades para los momentos de aprendizaje.

Las respuestas de los alumnos se almacenan en una base de datos para que el profesor las analice posteriormente y pueda identificar los esquemas iniciales utilizados por los

alumnos. Estos esquemas deben considerarse como precursores de los conceptos científicos que deben adquirirse. Según Moreira (2002), es necesario identificar en qué conocimientos previos puede apoyarse el niño y cuáles son las rupturas necesarias para la construcción del conocimiento.

Una vez que el estudiante termina su experimento, es llevado a una nueva pantalla. En este punto se introducen los conceptos de densidad y flotabilidad, a través de la pregunta "*¿Por qué no se hunde el barco?*", y luego se presenta un vídeo. Así, el objetivo es que la construcción del conocimiento pase por una situación que dé sentido al concepto. A través de la experimentación y las preguntas, tratamos de crear situaciones que ayuden a los alumnos a descubrir relaciones, hacer inferencias y elaborar hipótesis.

Con las ideas iniciales sobre los conceptos, el alumno es redirigido a una nueva pantalla, en la que se le invita a realizar de nuevo el experimento en el tanque con nuevos objetos. Como ya se ha mencionado, para Vergnaud un concepto no se forma a partir de un único tipo de situación, por lo que aquí se trataba de diversificar las situaciones de enseñanza para permitir a los alumnos la posibilidad de poner a prueba sus nuevos conocimientos.

En las dos últimas pantallas se profundiza en el tema detallando y formalizando los conceptos con expresiones simbólicas. La pantalla 4 presenta información sobre cómo Arquímedes desarrolló su teoría y una síntesis del concepto de flotabilidad, relacionándolo con los icebergs y los barcos; esto se hace mediante imágenes y texto. Por último, en la pantalla 5, se formalizan los conceptos con un vídeo y, al final, el alumno debe redactar un informe sobre lo que ha aprendido.

Los detalles técnicos del desarrollo de aplicaciones de la plataforma App Inventor pueden encontrarse en Nicolete, Tarouco y dos Santos (2018).

Planificación y aplicación en aula de clase

Las actividades fueron aplicadas en clases de ciencias, en tres clases de 9º grado en una Escuela Primaria Municipal, en la ciudad de Brusque, SC. El desarrollo de las clases y la exploración de la aplicación se llevaron a cabo como se especifica en el plan de clases (Tabla 2).

Tabla 2 – Plan de Clase

IDENTIFICACIÓN		
Componente Curricular: Ciencias		Público-Objeto: 9º año Enseñanza Primaria
Tema de la Clase: Empujo		Unidad temática: Fuerza y Movimiento
Objetos de conocimiento: Concepto de fuerza; Fuerza resultante; Principio fundamental de la dinámica; Fuerza de peso; Principio de inercia; Principio de acción y reacción; Principio de Arquímedes.		
Competencia: Cuestionar y comprender los procesos naturales y tecnológicos, el lenguaje de la ciencia, su evolución y las implicaciones sociales del conocimiento científico y tecnológico.		
Habilidad: Comprender conceptos científicos presentes en nuestra vida cotidiana, como la fuerza, la densidad y la flotabilidad, a través de experimentos prácticos y virtuales, desarrollando la capacidad de cuestionar e investigar estos fenómenos, elaborando soluciones orientadas al desarrollo de las actividades propuestas.		
Duración: 2 semanas (6 clases presenciales)		
DIFICULTADES PRESENTADAS POR EL GRUPO		
(1) La clase en cuestión tiene un bajo rendimiento académico en los conocimientos pertinentes a la física, que implican un razonamiento matemático lógico. (2) Al tener su primer contacto con la física, los alumnos se sienten inseguros y creen que los contenidos son demasiado complejos. (3) La mayoría de los estudiantes tienen dificultades para relacionar la teoría con la práctica, que es un conocimiento necesario y relevante en nuestra vida diaria.		
PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS		
La clase en cuestión adopta procedimientos metodológicos propios de una enseñanza híbrida, haciendo uso de diferentes recursos y métodos capaces de atender la diversidad de perfiles de aprendizaje que encontramos en un aula. En este sentido, adopta un enfoque constructivista, con todo el proceso de enseñanza centrado en el alumno, valorando su perfil autónomo y activo. El desarrollo de las clases de este contenido adopta un enfoque de investigación y se apoya en las siguientes estrategias de aprendizaje: (i) Evaluación diagnóstica para identificar los conocimientos previos; (ii) Uso de la app "¿Hundirse o flotar?"; (iii) Realización de actividades de investigación; (iv) Elaboración de un Informe de Experimento Virtual; (v) Evaluación conceptual.		
JUSTIFICATIVA DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA		
Las propuestas de enseñanza investigativa están siendo fuertemente asociadas a la integración de las tecnologías educativas, especialmente en lo que respecta a la promoción de la Enseñanza de las Ciencias, que es la más responsable del desarrollo del conocimiento científico y tecnológico que impulsa la economía de una sociedad (GÜTL ET AL., 2012).		
RECURSOS		
Dispositivos móviles (<i>smatphones</i>), Internet y espacio escolar (aula de clase, por ejemplo)		
Etapas	Duración	ACTIVIDAD PLANIFICADA
1	1 clase 45 min	☞ Evaluación diagnóstica: Se aplicará a los alumnos una evaluación con cuestiones objetivas, sobre los temas explorados, para identificación de conocimientos previos.
2	2 clases 90 min	☞ Uso de la aplicación "Flutua ou afunda?": Los alumnos realizan experimentación, observación y levantan hipótesis sobre un simulador. Así, se los direcciona a una cuestión problema sobre el funcionamiento de los navíos. Los conceptos que implican ese tema son profundizados con pequeños textos, animaciones y videos. Finalmente, el alumno necesitará testar sus hipótesis, ahora con conocimientos más sólidos.
3	1 clase 45 Min	☞ Elaboración de Informe Experimental (actividad realizada en la aplicación)
4	2 clases 90 Min	☞ Evaluación conceptual: En esa fase se aplica a los alumnos evaluación conceptual, explorando los conceptos aprendidos. ☞ Evaluación de la Herramienta: En ese momento, se entregará a los alumnos una evaluación referente a la aplicación "Flutua ou Afunda?".
EVALUACIÓN		
La evaluación de los conocimientos explorados vendrá dada por las actividades propuestas: (a) evaluación 1: Informe del experimento; (b) evaluación 2: Evaluación conceptual.		

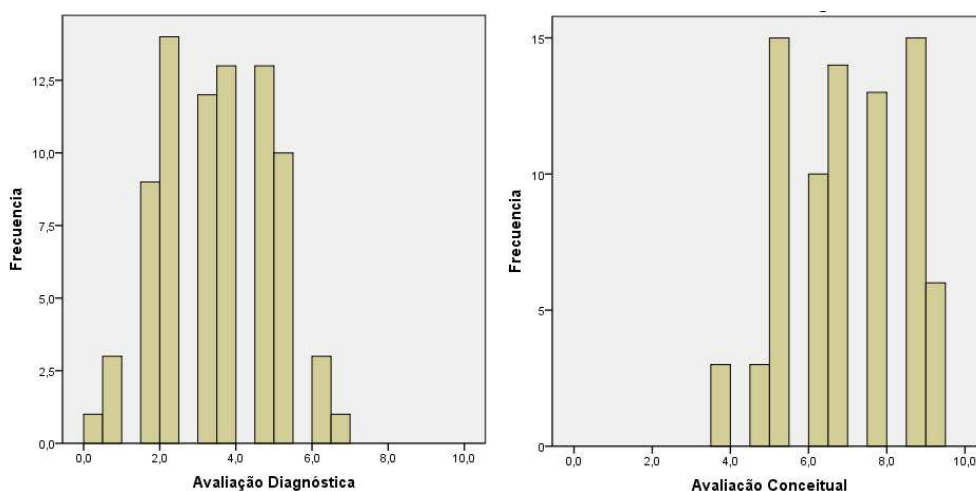
Fuente: Elaborado por las autoras

Resultados

A partir de los resultados presentados por los alumnos en la evaluación, fue posible establecer una media general sobre el rendimiento de los alumnos. La media inicial referida a la Evaluación Diagnóstica (ED) fue de 3,47 (desviación estándar 1,51), mientras que en la Evaluación Conceptual (EC) los alumnos obtuvieron una media de 6,93 (desviación estándar 1,44). Estadísticamente, se puede afirmar que el resultado obtenido fue significativo, ya que, aplicando la prueba t de Student, tiene $p = 0,000$ ($\alpha = 0,05$).

Aún así, es posible, a través del histograma (Figura 2) identificar las notas más frecuentes, presentadas en un primer momento en AD, y en un segundo momento, en CA. Se observa que el logro más frecuente en la primera evaluación está entre 2,0 - 5,0, el más evidente en esta muestra, mientras que en la evaluación conceptual destacan las puntuaciones más altas, lo que demuestra la progresión de la mayoría de los alumnos ante la actividad propuesta.

Figura 2 – Histograma referente a la frecuencia absoluta de los rendimientos de los alumnos en la AD y AC



Fuente: Elaborado por las autoras

También se observa que todas las clases presentaron una progresión de los conocimientos después de las clases con el uso de la aplicación. Aplicando la prueba t de Student para cada clase individualmente, utilizando la información de la evaluación diagnóstica y de la evaluación conceptual, se observa que, estadísticamente, todas las clases obtuvieron un índice satisfactorio en el aprendizaje final, con $p = 0,000$, lo que demuestra que hubo una diferencia significativa entre las evaluaciones diagnóstica y conceptual (Tabla 3).

Como se puede observar en la Tabla 3, las clases A y B presentaron un aumento en relación a la evaluación inicial (AD) y final (CA) de 3,18 y 3,04 puntos, respectivamente. Por otro lado, la clase C obtuvo la mayor diferencia entre las evaluaciones, que fue de 4,16. Esta evidencia se debe principalmente a la implicación de la clase en el momento de la aplicación, en la que los alumnos estaban más concentrados, y repitieron varias veces las actividades propuestas, revisando los vídeos y reexaminando el simulador. Además, los estudiantes informaron de que utilizaban la aplicación "Floats and Sinks" fuera de clase, en sus casas.

Tabla 3 – Promedios y valores del test t de Student para cada grupo

Grupos	μ AD	Desvio estándar AD	μ AC	Desvio estándar AC	Valor de t	Valor de p
Grupo A	3,33	1,28	6,51	1,42	7,20	0,00
Grupo B	3,67	1,31	6,74	1,42	9,69	0,00
Grupo C	3,37	1,89	7,53	1,33	10,68	0,00

Nivel de significancia de 5% ($\alpha = 0,05$)

Fuente: Elaborado por las autoras

El pre-test y el primer experimento en el tanque pretendían -además de ayudar al profesor a entender los esquemas iniciales de los alumnos- proporcionar un momento de reflexión a los alumnos sobre sus concepciones del tema y desestabilizar las posibles falsas invariantes operativas. A través del pre-test, se pudo notar que las invariantes operativas falsas más movilizadas por los estudiantes fueron:

- Los objetos se hunden porque son pesados (asocian el hecho de que los objetos se hundan o floten con su masa)
- Que la fuerza de Empujo solo se podía aplicar a líquidos;
- Que los Icebergs eran presos y fijos al fondo del mar;
- Que el navío flotaba pues era menos pesado que el agua que lo sostenía.

La experimentación en el tanque reveló que las creencias iniciales de los alumnos respecto a los objetos que flotan o se hunden en el agua estaban relacionadas, sobre todo, con el hecho de que el objeto fuera ligero o pesado (Figura 3). Sin embargo, también destacaron las palabras materiales y agua, que están relacionadas con las frases: "Por el material del que está hecho", "Porque es más pesado que el agua" y "Porque es más ligero que el agua", lo que demuestra que algunos alumnos ya podían identificar que las justificaciones sólo como "el objeto es ligero o pesado" no podían resolver la situación.

Figura 3 – Palabras más frecuentes entre las respuestas en la primera experimentación en el tanque



Fonte: Elaborado por las autoras

Al final de las clases, con el uso de la app, el alumno debía escribir un breve informe sobre lo aprendido, de modo que era posible notar la evolución del conocimiento y, en consecuencia, la construcción de nuevas invariantes operativas sobre el tema. De los 78 estudiantes, 66 respondieron. El cuadro 5 presenta cada invariante operativa susceptible de ser enunciada en el tema y las principales respuestas de los alumnos. Se presentan algunos informes que representan las respuestas de la mayoría de los estudiantes que participaron en la investigación.

Tabla 4 – Invariante operativa susceptible de ser enunciada y respuestas de los alumnos

<p><i>La densidad de un cuerpo que determina si flotará o se hundirá en un fluido.</i></p> <p>A1. Aprendí que hay algunos materiales que flotan o se hunden por el material del que está hecho [...] no es la masa la que determina si el cuerpo se hunde o flota, [...], la densidad del cuerpo es menor que la densidad del líquido, ejemplo nosotros, nuestra densidad es menor que la densidad del líquido, por eso flotamos.</p> <p>A5. Flota o se hunde debido a su densidad, que es la relación entre la masa y el volumen.</p> <p>A10. No es la masa lo que determina si un cuerpo flota o se hunde, sino la densidad. Si el cuerpo es más denso que el líquido se hundirá, si es menor flotará.</p>
<p><i>El cuerpo se hunde si la densidad del cuerpo es mayor que la del fluido.</i></p> <p>A1. ¿Por qué se hunde una piedra pequeña? Porque es más densa que el líquido. Qué cuerpo más denso que el líquido se hunde.</p> <p>A7. El cuerpo se hunde: La densidad del cuerpo es MAYOR que la del líquido.</p>
<p><i>El cuerpo está en equilibrio si la densidad del cuerpo es igual a la del fluido.</i></p> <p>A7. El cuerpo está sumergido en equilibrio: La densidad del cuerpo es exactamente IGUAL a la densidad del fluido.</p> <p>A10. El cuerpo está sumergido pero en equilibrio: la densidad del cuerpo es exactamente igual a la densidad del líquido y el peso es igual a la flotabilidad</p>
<p><i>El cuerpo flota en la superficie si la densidad del cuerpo es menor que la del fluido.</i></p> <p>A1. Un barco, al ser menos denso que el agua, flotará.</p> <p>A4. Lo único que pude entender es que un barco no se hunde porque el barco es más ligero que el agua [...]. El empuje y el iceberg tienen que ver entre sí porque el hielo del iceberg está formado por hielo polar es decir, formado por hielo de agua dulce que hay menos densidad.</p> <p>A10. Cuerpo flotante: La densidad del cuerpo es menor que la del líquido.</p>
<p><i>La flotabilidad es la fuerza que ejerce el líquido sobre el cuerpo sumergido o parcialmente sumergido.</i></p> <p>A3. Se denomina flotabilidad a la fuerza que ejerce un fluido sobre un objeto total o prácticamente sumergido en él, también se conoce como Principio de Arquímedes, y la flotabilidad siempre presenta dirección vertical y dirección ascendente en el surgimiento de una fuerza vertical ascendente la flotabilidad no surge sólo en el</p>

líquido por ejemplo un globo flota porque el aire atmosférico que es un fluido ejerce una fuerza sobre él mayor que su peso.

A4. La teoría de la flotabilidad consiste en que todo cuerpo que se sumerge en una piscina, bañera, etc., tiende a tener una fuerza vertical ascendente, cuya intensidad es igual al peso del fluido del cuerpo [...].

A16. El empuje o principio de Arquímedes es el peso del volumen de líquido desplazado, es una fuerza, por lo que su unidad de medida es el Newton, siempre presenta dirección vertical y dirección ascendente.

El volumen de líquido desplazado es igual al volumen del cuerpo el cuerpo está en equilibrio

A5. Cuanto más agua pueda desplazar el barco, mayor será la reacción del agua con el barco, y todo ello depende de la densidad del agua.

A16. Un barco enorme y pesado no se hunde porque el peso del barco desplaza un determinado volumen de agua y provoca una reacción en sentido contrario [...].

A17. Los barcos NO SE HUNDEN porque el peso del barco desplaza un determinado volumen de agua y provoca una reacción en sentido contrario.

Fuente: Elaborado por las autoras

También se pudo comprobar que la forma de abordar el tema en la aplicación despertó la curiosidad de los alumnos, principalmente por haber llevado el tema a situaciones reales de la vida cotidiana. Así lo demuestran los numerosos informes que abordan el funcionamiento de los buques y los icebergs:

[...] Si el agua empuja el barco hacia arriba, no volcará, porque dentro del casco de un barco hay varias cámaras de agua que impiden que el barco vuelque. Quien controla la cantidad de agua que entra en estas cámaras, es el capitán, que vigila todo desde su camarote, en el exterior del casco del barco hay una serie de medidas que tiene el nombre de plimsoll (A16).

Los icebergs son trozos de hielo que flotan en aguas heladas. Se componen de agua dulce, de la que sólo un 10% sale a la superficie. Los icebergs sólo flotan porque el agua dulce es menos densa que la salada y, por tanto, sufre más presión (A7).

En cuanto a la segunda parte de la recogida de datos, cuyo objetivo era conocer las percepciones de los alumnos en torno a las actividades realizadas desde el punto de vista del contexto de las TIC, se analizaron las percepciones de los alumnos en cinco dimensiones diferentes: aspectos de implementación, contenido, satisfacción, hardware e implementación-contenido de la herramienta. Se observa que, en general, los alumnos obtuvieron una buena aceptación del enfoque utilizado. Las respuestas tenían un valor de modo entre 4 y 5 ("4. Parcialmente de acuerdo" (PC) y "5. Totalmente de acuerdo" (TC)) para las afirmaciones positivas, y 1 y 2 ("2. Parcialmente en desacuerdo" (PC) y "5. Totalmente en desacuerdo") para las afirmaciones negativas (Tabla 5).

Tabla 5 – Percepciones de los alumnos al utilizar la aplicación “Flutua ou Afunda?” en clase

Cuestiones	DT	DP	SO	CP	CT	Totales
------------	----	----	----	----	----	---------

Implementação	Q1. No me sentí cómodo usando la aplicación	56 (72%)	7 (9%)	5 (6%)	1 (1%)	9 (12%)	78(100%)
	Q3. Fue fácil navegar por la aplicación "¿Flotar o hundirse?"	2 (3%)	9 (12%)	5 (6%)	15 (19%)	47 (60%)	78(100%)
	Q7. El diseño gráfico de la aplicación no es visualmente atractivo	16 (21%)	16 (21%)	17 (22%)	23 (29%)	6 (8%)	78(100%)
	Q8. Fue difícil utilizar la aplicación	50 (64%)	8 (10%)	7 (9%)	4 (5%)	9 (12%)	78(100%)
	Q9. He recibido suficiente información para el uso de la aplicación.	1 (1%)	3 (4%)	10 (13%)	18 (23%)	46 (59%)	78(100%)
	Q16. Fue sencillo utilizar la aplicación "Flutua ou Afunda".	2 (3%)	3 (4%)	5 (6%)	16 (21%)	52 (67%)	78(100%)
	Q17. No he encontrado ningún problema para realizar las acciones que quería en la aplicación.	5 (6%)	4 (5%)	6 (8%)	23 (29%)	40 (51%)	78(100%)
Conteúdo	Q4. La información mostrada en la aplicación no siempre es precisa.	43 (55%)	19 (24%)	10 (13%)	4 (5%)	2 (3%)	78(100%)
	Q5. La solicitud proporcionó suficiente información sobre el contenido estudiado.	2 (3%)	2 (3%)	8 (10%)	20 (26%)	46 (59%)	78(100%)
	Q10. Me ha gustado la forma de presentar la información en la aplicación.	2 (3%)	2 (3%)	8 (10%)	15 (19%)	51 (65%)	78(100%)
C aprendizaje	Q6. La aplicación ofrecía información importante para mi aprendizaje	1 (1%)	1 (1%)	3 (4%)	8 (10%)	65 (83%)	78(100%)
	Q11. En general, estoy satisfecho con la aplicación "afunda ou flutua".	1 (1%)	3 (4%)	7 (9%)	17 (22%)	50 (64%)	78(100%)
Satisfação	Q12. El uso del teléfono móvil (Smartphone) aumentó mi motivación para aprender física.	1 (1%)	1 (1%)	8 (10%)	12 (15%)	56 (72%)	78(100%)
	Q13. Me gustaría utilizar otras aplicaciones en física.	0 (0%)	0 (0%)	6 (8%)	3 (4%)	69 (88%)	78(100%)
	Q14. Aconsejaría a mis amigos que utilizaran la aplicación "Afunda ou Flutua".	0 (0%)	0 (0%)	4 (5%)	15 (19%)	59 (76%)	78(100%)
	Q15. La aplicación " Afunda ou Flutua " era relevante para mis estudios.	1 (1%)	0 (0%)	7 (9%)	14 (18%)	56 (72%)	78(100%)
Hard	Q2. Me sentí seguro al utilizar la aplicación en el Smartphone (teléfono móvil).	2 (3%)	3 (4%)	7 (9%)	13 (17%)	53 (68%)	78(100%)

Fuente: Elaborado por las autoras

Esta actitud positiva también se encuentra entre los informes de los estudiantes en la pregunta abierta, en la que debían indicar los puntos positivos y negativos del uso de la aplicación en clase. Algunas de estas respuestas se presentan a continuación:

No tuve ningún problema con la aplicación, súper fácil de usar, fue una clase diferente y genial, me gustó mucho. No tengo nada de qué quejarme, no es pesado y no se estrelló. Es estupendo utilizar un teléfono móvil en la escuela, es más rápido y práctico. No es necesario copiar temas de la pizarra. Me ha encantado. (A4)

La clase fue muy interesante porque utilizamos los teléfonos móviles como material de aprendizaje y estudio. Pude entender mejor el tema usando la aplicación. Y creo que si utilizamos más a menudo el teléfono móvil y las aplicaciones como forma de estudiar, puede acabar llamando más la atención y la curiosidad de muchos estudiantes. (A33).

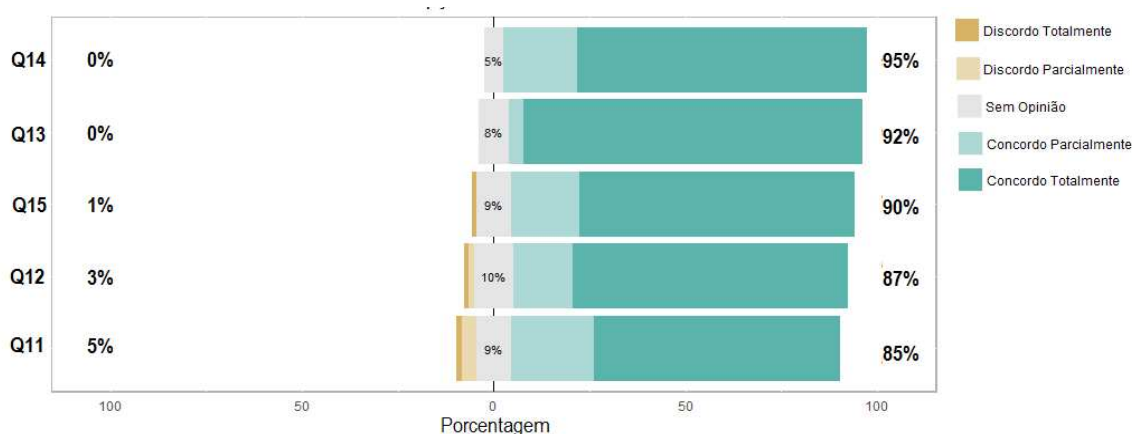
Haciendo un análisis separado por dimensión, se evidencia que la percepción de los estudiantes respecto a su satisfacción en el uso de la aplicación presentó mejores índices de acuerdo en comparación con otras dimensiones (Figura 4). Pregunta "P13. Me gustaría utilizar otras aplicaciones en la asignatura de física", que obtuvo un 92% de acuerdo, corroborando el informe de algunos alumnos:

La aplicación me ayudó a aprender más sobre el tema y me hizo interesarme más por la física. Pero me gustaría que esta aplicación se utilizara no sólo en las clases de física, sino en todas las asignaturas. Porque el estudiante puede utilizarlo más en el aula y también EAD en cualquier lugar (A17).

La aplicación me ha parecido muy buena, una forma de utilizar la tecnología para aprender y no sólo para pasar el rato. Lo aconsejaría a otros profesores. Fuimos mucho más eficientes que en las clases normales (A18).

Del mismo modo, las preguntas "P14. Aconsejaría a mis amigos que utilizaran la aplicación "Afunda ou flutua"", con un índice de acuerdo total y parcial del 76% y el 19%, respectivamente, y; "P15. La aplicación " Afunda ou flutua " fue relevante para mis estudios", de los cuales el 72% de los estudiantes estuvo totalmente de acuerdo y el 18% parcialmente de acuerdo, muestran la satisfacción de los estudiantes en el uso de la aplicación en clase.

Figura 4 – Percepciones de los alumnos frente a su satisfacción en utilizar la app *Flutua ou Afunda?*



Fuente: Elaborado por las autoras

Como complemento a la pregunta P15, la pregunta "P6. La aplicación me proporcionó información importante para mi aprendizaje", de la dimensión aplicación-contenido ("I y C" en la tabla 5), con una tasa de acuerdo total del 83% y un 10% de acuerdo parcial. Igualmente, la dimensión de contenidos, en general, mostró índices positivos, lo que demuestra una buena

aceptación de los alumnos en relación con los contenidos presentados y su aprendizaje con el uso de la aplicación. Estos datos se reafirman a través de los informes de los alumnos:

La aplicación para mí fue muy buena de usar. Me sentí más preparado gracias a la información que contenía. La información era muy completa (A16)

[...] la aplicación es realmente rica en información y conocimientos. Creo que su uso hizo que la clase fuera más práctica y productiva [...] (A35).

La dimensión de implementación, destinada a verificar la facilidad de uso, el diseño y las instrucciones de uso, obtuvo los índices de aceptación más bajos, destacando la pregunta "P7. El diseñador gráfico de la aplicación no es visualmente atractivo", que obtuvo una tasa de acuerdo del 37%. Esta percepción puede evidenciarse en los informes de los estudiantes, que sugieren mejoras en el diseñador de aplicaciones:

Me ha parecido muy chulo poder utilizar el móvil en clase, porque el móvil es algo que está muy presente en nuestra vida cotidiana y, en consecuencia, nos retiene más. Cuando lo utilizamos, todo el mundo hizo las actividades y se dedicó a ellas. El diseñador podría mejorar. Me gustó el uso de la app porque hizo la clase más dinámica y atractiva a los ojos de los alumnos (A21).

La aplicación en sí es bastante interesante. Cuando me descargué la aplicación me imaginaba algo con texto y preguntas, pero el juego era una forma muy interesante y eficaz de trabajar el tema de la flotación. Me gusta mucho la forma de enfocar la aplicación, el tema, ya que las explicaciones son un gran complemento. El diseñador necesita mejorar, pero con la aplicación estoy bastante satisfecho (A31).

Cabe destacar que, aunque los estudiantes sugirieron mejoras en el diseño de la aplicación, la mayoría de los estudiantes informaron que no tuvieron problemas para aprender a usar la aplicación, describiéndola como fácil de usar, como se presenta en las preguntas P3 y P9 (Tabla 5). Otro punto a destacar en esta dimensión es en relación con el internet de la escuela: algunos estudiantes informaron de dificultades en el funcionamiento de la aplicación, como cuelgues y lentitud, y lo asociaron a la baja calidad del internet ofrecido por la institución. Como la base de datos utilizada en la aplicación está alojada en la nube, estas dificultades pueden estar efectivamente asociadas a Internet; sin embargo, es importante tener en cuenta que la aplicación contiene muchas imágenes, lo que requiere el procesador del dispositivo y puede provocar lentitud en la ejecución.

Consideraciones finales

Este estudio muestra que el uso de la aplicación móvil contribuyó positivamente a la enseñanza de conceptos relacionados con el principio de Arquímedes, cuando se planificó dentro de los principios presentados en la Teoría de los Campos Conceptuales.

La teoría destaca por la atención e importancia que Vergnaud da al sujeto-en-situación. Este punto aportó elucidación en la construcción de las actividades planificadas en el plan de clases, en el desarrollo de la app "Flota o se hunde" y en el análisis de las situaciones de enseñanza y aprendizaje, cuando los conceptos son trabajados dentro del Principio de Arquímedes, ya que la teoría de Vergnaud trae la necesidad de acompañar a los alumnos a lo largo del proceso de aprendizaje, buscando identificar en los conceptos y teoremas en acción la progresión temporal de sus conocimientos.

Cabe destacar que la teoría de los campos conceptuales permitió al profesor pensar su objeto de enseñanza de una manera más global, trabajando mejor los conceptos abordados, el nivel de profundidad de las actividades propuestas y la evaluación: se entiende que estas situaciones deben ser planificadas a partir de la selección de las situaciones que deben enfrentar los alumnos.

Los resultados también apuntan a una gran satisfacción de los alumnos respecto al uso de los smartphones en el aula, y a la forma en que este recurso aumentó su interés y motivación por los contenidos trabajados. Por lo tanto, la práctica propuesta como objeto de estudio en esta investigación se presenta como un referente teórico prometedor para las investigaciones en las que se quiere centrar en el sujeto en acto, implicado en un proceso de aprendizaje activo, al mismo tiempo que se pretende hacer uso de *mobile learning*.

En resumen, el estudio demuestra el potencial de la teoría de Vergnaud como referencia teórica para la planificación didáctica y la construcción de recursos tecnológicos que impliquen activamente a los alumnos en los procesos de enseñanza y aprendizaje. La teoría ayudó en el diseño de situaciones de enseñanza, en la selección de conceptos y teoremas clave y sus relaciones. Integrado con recursos tecnológicos, se presentó como una propuesta didáctica innovadora con alta aceptación y usabilidad por parte de los alumnos.

REFERENCIAS

DE CARVALHO JÚNIOR, G. D.; DE AGUIAR JUNIOR, O. G. Os campos conceituais de Vergnaud como ferramenta para o planejamento didático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 207-227, 2008.

FAVIER, T. T.; VAN DER SCHEE, J. A. Exploring the characteristics of an optimal design for inquiry-based geography education with Geographic Information Systems. **Computers & Education**, v. 58, n. 1, p. 666-677, 2012.

FIGLIARELLI, L. A. *et al.* Análise da construção dos conceitos de proporcionalidade com a utilização do software geoplano virtual. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 2, p. 267-278, 2013.

HECK, C. **Integração de tecnologia no ensino de física na educação básica: um estudo de caso utilizando a experimentação remota móvel.** 2017. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, Santa Catarina.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em ensino de ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 7-29, jan./mar. 2002.

NICOLETE, P.; TAROUCO, L. M. R.; DOS SANTOS, A. C. Mobile Learning: Explorando as possibilidades do App Inventor para a criação de objeto educacional móvel. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO - SBIE, 29., 2018, Porto Alegre. **Proceedings** [...]. Porto Alegre, 2018. p. 1801.

NOGUEIRA, C. M. I.; REZENDE, V. A teoria dos campos conceituais no ensino de números irracionais: implicações da teoria piagetiana no ensino de matemática. **Schème-Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas**, v. 6, n. 1, p. 41-63, 2014.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **Da lógica da criança à lógica do adolescente.** São Paulo: Pioneira, 1976. v. 1955.

ROCHA, K. C. D.; BASSO, M. V. D. A. Teoria dos Campos Conceituais na análise de programação em Scratch. **RENOTE**, v. 15, n. 2, 2017.

MIT. Massachusetts Institute of Technology. **MIT App Inventor.** 2019. Disponível em: <http://appinventor.mit.edu/explore/about-us.html>. Acesso em: 10 ago. 2020.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. *In*: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA DO RIO DE JANEIRO, 1., 1993, Rio de Janeiro. **Anais** [...] Rio de Janeiro, 1993. p. 1-26.

Cómo referenciar este artículo

NICOLETE, P. C.; SANTOS, A. C.; TAROUCO, L. M. R.; SILVA, M. A. M. Teoría de los campos conceptuales como instrumento para planificación y construcción de recursos tecnológicos para la enseñanza de ciencias. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 16, n. 4, p. 2564-2582, out./dez. 2021. e-ISSN: 1982-5587. DOI: <https://doi.org/10.21723/riace.v16i4.13435>

Enviado el: 17/07/2021

Revisiones necesarias: 21/08/2021

Aprobado el: 20/09/2021

Publicado el: 21/10/2021