

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

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

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

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

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre – RS – Brasil. Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Informática na Educação, Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação. Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4185-6417>. E-mail: priscilanicolete@hotmail.com

² Colégio Murialdo, Araranguá – SC – Brasil. Professora de Ensino Básico no Departamento de Ciências da Natureza. Mestre em Tecnologias da Informação e Comunicação (UFSC). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0931-2372>. E-mail: aline.cds@live.com

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre – RS – Brasil. Professora do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação. Doutorado em Engenharia Elétrica (USP). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5669-588X>. E-mail: liane@penta.ufrgs.br

⁴ Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), Criciúma – SC – Brasil. Professora no Setor de Educação a Distância. Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento (UFSC). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0002-9781>. E-mail: marta.php@gmail.com

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.

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.

Introdução

O estudo aqui exposto apresenta o uso da Teoria dos Campos Conceituais como referencial teórico para a construção de um aplicativo móvel (app) para o ensino do “Princípio de Arquímedes”. Para o entendimento desse conteúdo, o estudante precisa compreender conceitos como densidade e empuxo. O aplicativo foi inspirado no experimento desenvolvido por Jean Piaget e Bärbel Inhelder, que se encontra no livro *Da lógica da criança à lógica do adolescente* (1976). Este experimento consiste em disponibilizar objetos de diferentes tamanhos e materiais para que o sujeito os classifique, indicando quais objetos flutuam e quais afundam na água, além de justificar as razões de sua classificação. Em seguida, o sujeito deve depositar os objetos em um tanque de água e observar o comportamento de cada objeto.

Ao final deve resumir seus resultados a fim de chegar a uma lei (PIAGET; INHELDER, 1976).

Os estudos de Piaget e colaboradores não tinham como objetivo a construção do conhecimento escolar, mas o processo de desenvolvimento cognitivo (NOGUEIRA; REZENDE, 2014). No entanto, pressupostos piagetianos foram cruciais para a elaboração da Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud, que favorecem práticas de intervenção para a sala de aula. Assim, o experimento de Piaget e Inhelder foi utilizado como inspiração para a criação do app, que entretanto foi construído à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, com objetivo de intervir no processo de ensino e aprendizagem, oferecendo subsídios ao estudante para chegar ao conhecimento.

Para o desenvolvimento do aplicativo foi utilizada a plataforma App Inventor (<https://appinventor.mit.edu/explore>), criada pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). A plataforma do MIT foi escolhida por ser um ambiente de programação visual e intuitivo, desenvolvida para permitir que qualquer pessoa possa criar aplicativos totalmente funcionais para smartphones e tablets (MIT, 2020).

Desse modo, este estudo tem a seguinte questão de pesquisa: *De que maneira um aplicativo móvel, desenvolvido a luz da Teoria dos Campos Conceituais, pode contribuir para os processos de ensino e aprendizagem de conceitos referentes ao Princípio de Arquimedes?* Para responder, o estudo seguiu uma abordagem qualitativa e quantitativa, com procedimentos técnicos de um estudo de caso.

Teoria dos Campos Conceituais

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC), desenvolvida por Gérard Vergnaud, é uma teoria cognitivista que tem por objetivo “propor uma estrutura que permita compreender as filiações e rupturas entre conhecimento, em crianças e adolescentes” (VERGNAUD, 1993). A teoria proporciona um enquadramento teórico às investigações sobre as atividades cognitivas complexas, especialmente as relacionadas a aprendizagens científicas e técnicas.

O foco da teoria está nas representações, nos esquemas e conceitos utilizados pelos alunos para resolver problemas. Para Vergnaud, o ensino de um conceito não pode ser reduzido à sua definição, pois um conceito só será compreendido pelo indivíduo se for aplicado em situações, bem como em resolução de problemas que darão sentido a ele (FIOREZE *et al.*, 2013).

Vergnaud defende que a obtenção do conhecimento segue três premissas essenciais: (1) *um conceito não se forma a partir de um só tipo de situação*, desse modo, o pesquisador sugere a necessidade de diversificar as atividades de ensino, a fim de permitir aos estudantes a possibilidade de testar seus modelos explicativos em contextos diferentes, enriquecendo tais modelos ou transformando-os; (2) *uma situação não se analisa com um só conceito*, que implica na necessidade de uma visão integradora do conhecimento, e; (3) *a construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo longo* (DE CARVALHO JÚNIOR; DE AGUIAR JUNIOR, 2008; VERGNAUD, 1993).

Como pode-se perceber, na TCC, Vergnaud ressalta que o desenvolvimento cognitivo depende de situações e de conceitualizações específicas necessárias para lidar com elas (DE CARVALHO JÚNIOR; DE AGUIAR JUNIOR, 2008; MOREIRA, 2002). O autor afirma que o conhecimento se forma a partir de problemas e situações a resolver. Essas situações são tarefas a serem realizadas pelo sujeito, que podem ser teóricas ou de ordem prática, na qual ele precisará descobrir relações, realizar inferências, desenvolver hipóteses e produzir uma solução.

Vejamos alguns exemplos: comprar presentes, frutas ou bombons; pôr a mesa; contas pessoais; lugares à mesa; jogar bolas de gude. Tudo isso, para uma criança de 6 anos, são atividades favoráveis ao desenvolvimento das conceitualizações matemáticas relativas ao número, à comparação, à adição e à subtração (VERGNAUD, 1993).

O teórico destaca a construção e utilização de esquemas como um dos principais elementos para a aprendizagem (MOREIRA, 2002), definindo-os como “[...] a organização invariante do comportamento para uma classe de situações dada” (VERGNAUD, 1993, p. 2). Vergnaud salienta que é nos esquemas que se devem pesquisar os conhecimentos-em-ação do sujeito, isto é, os elementos cognitivos que fazem com que a ação do sujeito seja operatória. Assim, é por meio da construção de um amplo repertório de esquemas que o desenvolvimento cognitivo ocorre, pois é por meio destes esquemas que o sujeito poderá dominar diferentes situações que lhe são apresentadas.

Dessa forma, um esquema é composto por quatro elementos básicos: (a) *metas e antecipações*, das quais o sujeito pode descobrir uma possível finalidade; (b) *regras de ação* do tipo “se ... então”, ou seja, regras para a geração do esquema, são regras de busca de informação e controle dos resultados, permitem ao sujeito criar a sequência de ações; (c) *invariantes operatórios*, são os conhecimentos contidos nos esquemas, são eles que

constituem a base e permitem ao sujeito obter a informação pertinente. É por meio deles que o sujeito faz inferências, traça metas e define suas ações, e por fim; (d) *inferência*, que permite que o sujeito raciocine para tomar decisões diante da situação e a partir das informações dos elementos anteriores (NOGUEIRA; REZENDE, 2014; ROCHA; BASSO, 2017).

Desse modo, para Vergnaud, um conceito é formado por três elementos: o conjunto das situações que dão sentido ao conceito; os invariantes que representam o significado do conceito, e; as representações simbólicas que permitem representar simbolicamente o conceito (VERGNAUD, 1993).

Materiais e Métodos

Este artigo está pautado na apresentação da TCC de Vergnaud como instrumento para o planejamento, construção e aplicação em sala de aula de recursos tecnológicos para práticas pedagógicas, e na compreensão dos possíveis benefícios gerados para os processos de ensino e aprendizagem. Sendo assim, o estudo caracteriza-se com explicativo e com uma abordagem mista, utilizando técnicas quantitativas e qualitativas a fim de descrever as causas de um fenômeno. Para a efetivação dessa pesquisa, foi necessária a conclusão das seguintes etapas: (i) estudo da Teoria dos Campos Conceituais; (ii) estudo do experimento “Flutua ou Afunda?” de Piaget e Inhelder (1976); (iii) entrevista com a professora de Ciências; (iv) estudo da plataforma App Inventor; (v) construção do aplicativo móvel; (vi) aplicação da aula sobre princípio de Arquimedes com o uso do app desenvolvido; (vii) coleta e análise dos dados.

A aplicação em sala de aula foi precedida por uma avaliação diagnóstica e finalizada com uma avaliação conceitual. Essas avaliações possuíam o mesmo conteúdo, compostos por 12 questões sobre os conceitos relacionados ao princípio de Arquimedes. Esse teste compõe os instrumentos de coleta de dados e teve como objetivo verificar a evolução dos estudantes em relação ao conteúdo estudado. Com o mesmo objetivo, ao final, os alunos ainda precisavam escrever um relatório sobre o que aprenderam.

Além disso, depois de todas as atividades finalizadas, foi aplicado um questionário para conhecer as percepções dos estudantes em torno das atividades realizadas com o uso do app, do ponto de vista do contexto da TIC. Para isso, foi utilizado um questionário de 10 questões desenvolvido por Favier e van der Schee (2012) e 7 questões retirados do questionário desenvolvido por Heck (2017), resultando em um questionário de 17 questões dispostas em uma escala Likert de cinco pontos. As questões correspondem a cinco dimensões: *implementação*, com objetivo de verificar a facilidade de uso, design e instruções

para uso; *conteúdo*, relevância das informações exibidas; *satisfação*, identificar o quanto os alunos gostaram de utilizar o app; *hardware*, conhecer a confiança dos estudantes ao utilizar smartphone para aprender; e por fim, *implementação* e *conteúdo*. Além disso, o questionário possui uma questão aberta na qual o aluno poderia indicar pontos positivos e negativos do app utilizado.

A amostra do estudo corresponde a 80 alunos de 3 turmas da Escola Municipal de Escola de Ensino Fundamental Paquetá no município de Brusque – Santa Catarina, dos quais 78 realizaram todas as atividades propostas.

O aplicativo “Flutua ou Afunda?”

O aplicativo móvel denominado “Flutua ou Afunda?” explora conceitos como Densidade e Empuxo por meio da utilização de experimentação, vídeos, questionamentos e atividade de escrita. Foram identificadas as situações, as invariantes operatórias e as representações simbólicas dos conceitos, conforme a definição de Vergnaud (Tabela 1).

Tabela 1 – Situações, invariantes operatórias e representação simbólica do Princípio de Arquimedes

Situações que envolvem os conceitos de Empuxo e Densidade		Invariantes operatórias passíveis de serem enunciados pelos estudantes	Representações simbólicas
Objetos que flutuam ou afundam na água. Sistema de funcionamento de um navio.		<p>A densidade de um corpo que determina se ele irá flutuar ou afundar em um fluido.</p> <p>O corpo afunda se densidade do corpo for maior que densidade do fluido;</p> <p>O corpo fica em equilíbrio se a densidade do corpo for igual a densidade do fluido;</p> <p>O corpo flutua na superfície se a densidade do corpo for menor densidade do fluido.</p> <p>Empuxo é a força que o líquido age sobre o corpo que está imerso ou parcialmente imerso.</p> <p>Volume do líquido deslocado é igual o Volume do corpo que está em equilíbrio.</p>	$d = \frac{m}{v}$ <ul style="list-style-type: none"> • d = densidade (kg/m³) • m = massa (g) • v = volume (m³) $\bar{E} = d_F \cdot V_{FD} \cdot g$ <ul style="list-style-type: none"> • \bar{E} = empuxo (N) • d_F = densidade do fluido (kg/m³) • V_{FD} = volume do fluido deslocado (m³) • g = aceleração da gravidade (m/s²)

Fonte: Elaborado pelas autoras

Dessa forma, o aplicativo visa instigar a curiosidade dos alunos com experimentações, imagens e vídeos que exploram o conteúdo. O aplicativo foi desenhado em forma de uma Sequência Didática, a fim de oferecer ao estudante diferentes momentos de aprendizagem. Inicia-se com o experimento de Piaget e Inhelder, com o objetivo de aguçar a curiosidade dos alunos, e então, ao avançar para as próximas telas, os conceitos são introduzidos de forma progressiva (Figura 1).

Figura 1 – Telas do aplicativo “Flutua ou Afunda?”



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

A primeira tela contém diferentes objetos, sob os quais o aluno deve decidir se afundam ou flutuam na água; ao fazer sua escolha, o aluno precisa informar as razões da sua classificação. Essa experimentação no tanque pretende proporcionar um momento de reflexão sobre suas concepções em relação ao tema. As reflexões podem levar a respostas como: “O objeto afunda por ser pesado” ou então “Ele flutua por ser pequeno”, porém, por meio da experimentação ele pode perceber que, por exemplo, uma moeda “pequena” e “leve” não irá flutuar. Aqui, pretende-se desestabilizar concepções que até então estavam estáveis para que um novo arranjo seja construído, gerando assim, avanços na compreensão conceitual dos alunos.

Ou seja, o aluno irá colocar em prova seus esquemas, e se forem ineficazes para aquela situação, a experiência o fará mudar de esquemas ou então modificar os seus esquemas (ROCHA; BASSO, 2017). Nesse sentido, esta experimentação tem como objetivo a desestabilização de invariantes operatórios, oportunizando momentos de aprendizagens.

As respostas dos estudantes são armazenadas em um banco de dados, a fim de posteriormente ser analisado pelo professor, assim o professor poderá identificar quais os

esquemas iniciais utilizados pelos estudantes. Estes esquemas devem ser considerados como precursores de conceitos científicos a serem adquiridos. Conforme Moreira (2002), é preciso identificar sobre quais conhecimentos prévios a criança pode se apoiar e quais as rupturas necessárias para a construção do conhecimento.

Depois que o aluno termina sua experiência, ele é levado a uma nova tela. Nesse momento é introduzido os conceitos de densidade e empuxo, por meio do questionamento “*Por que o barco não afunda?*”, então um vídeo é apresentado. Dessa forma, objetiva-se que a construção do conhecimento aconteça por meio de uma situação que dá sentido ao conceito. Por meio das experimentações e dos questionamentos tenta-se construir situações para ajudar os alunos a descobrir relações, realizar inferências e desenvolver hipóteses.

Com ideias iniciais sobre os conceitos, o aluno é redirecionado a uma nova tela, na qual é convidado a realizar novamente o experimento no tanque com novos objetos. Como mencionado anteriormente, para Vergnaud um conceito não se forma a partir de um só tipo de situação, assim, aqui, o objetivo foi diversificar as situações de ensino, a fim de permitir aos estudantes a possibilidade de testar seus novos conhecimentos.

Nas duas últimas telas, o assunto é aprofundado, realizando o detalhamento e a formalização dos conceitos com as expressões simbólicas. Na tela 4 são apresentadas informações sobre a forma como Arquimedes desenvolveu sua teoria e uma síntese sobre o conceito de empuxo, relacionando-o com os icebergs e navios; isso é feito por meio de imagens e textos. Por fim, na tela 5, é realizada a formalização dos conceitos com um vídeo e, ao final, o aluno deve escrever um relatório sobre o que aprendeu.

Detalhes técnicos do desenvolvimento do aplicativo na plataforma App Inventor podem ser encontrados em Nicolete, Tarouco e dos Santos (2018).

Planejamento e aplicação em sala de aula

As aplicações das atividades foram realizadas nas aulas de ciências, em 3 turmas de 9º ano em uma Escola Municipal de Ensino Fundamental, no município de Brusque, SC. O desenvolvimento das aulas e exploração do app deu-se conforme especificado no plano de aula (Tabela 2).

Tabela 2 – Plano de Aula

IDENTIFICAÇÃO		
Componente Curricular: Ciências		Público-Alvo: 9º ano Ensino Fundamental
Tema da Aula: Empuxo		Unidade temática: Força e Movimento
Objetos de Conhecimento: Conceito de força; Força resultante; Princípio fundamental da dinâmica; Força peso; Princípio da inércia; Princípio da ação e reação; Princípio de Arquimedes.		
Competência: Questionar e compreender processos naturais e tecnológicos, a linguagem própria da ciência, sua evolução e implicações sociais do conhecimento científico e tecnológico.		
Habilidade: Compreender conceitos científicos presentes em nosso cotidiano como força, densidade e empuxo, por meio de experimentações práticas e virtuais, desenvolvendo a capacidade de questionar e investigar esses fenômenos, elaborando soluções que visam o desenvolvimento das atividades propostas.		
Duração: 2 semanas (6 aulas presenciais)		
DIFICULDADES APRESENTADAS PELA TURMA		
(1) A turma em questão possui baixo rendimento escolar nos conhecimentos pertinentes à física, que envolvem raciocínio lógico matemático. (2) Por estarem tendo seu primeiro contato com a física, os alunos sentem-se inseguros e acreditam que os conteúdos são muito complexos. (3) Os alunos, na sua maioria, possuem dificuldade de relacionar a teoria com a prática, conhecimentos necessários e pertinentes em nosso cotidiano.		
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS		
A aula em questão adota procedimentos metodológicos característicos de um ensino híbrido, fazendo uso de diferentes recursos e métodos capazes de atender a diversidade de perfis de aprendizagem que encontramos em uma sala de aula. Nesse sentido, adota uma abordagem construtivista, com todo processo de ensino centrado no aluno, valorizando seu perfil autônomo e ativo. O desenvolvimento das aulas para esse conteúdo adota uma abordagem investigativa e conta com as seguintes estratégias de aprendizagem: (i) Avaliação diagnóstica para identificação de conhecimentos prévios; (ii) Uso do aplicativo “Afunda ou Flutua?”; (iii) Realização de atividades de pesquisa; (iv) Elaboração de Relatório de Experimentação Virtual; (v) Avaliação Conceitual.		
JUSTIFICATIVA DA PROPOSTA METODOLÓGICA		
Propostas investigativas de ensino estão sendo fortemente associadas à integração de tecnologias educacionais, principalmente no que se refere ao fomento do Ensino de Ciências, maior responsável pelo desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico que impulsiona a economia de uma sociedade (GÜTL ET AL., 2012).		
RECURSOS		
Dispositivos móveis (<i>smatphones</i>), Internet e espaço escolar (sala de aula, por exemplo)		
Etapas	Duração	ATIVIDADE PLANEJADA
1	1 aula 45 min	☞ Avaliação diagnóstica: Será aplicada aos alunos uma avaliação com questões objetivas, sobre os temas explorados, para identificação de conhecimentos prévios.
2	2 aulas 90 min	☞ Uso do aplicativo “Flutua ou afunda?”: Os alunos realizam experimentação, observação e levantam hipóteses sobre um simulador. Logo, são direcionados a uma questão problema sobre o funcionamento dos navios. Os conceitos que envolvem essa temática são aprofundados com pequenos textos, animações e vídeos. Por fim, o aluno precisará testar suas hipóteses, agora com conhecimentos mais sólidos.
3	1 aula 45 Min	☞ Elaboração de Relatório Experimental (atividade realizada no aplicativo)
4	2 aulas 90 Min	☞ Avaliação conceitual: Nessa fase é aplicada aos alunos avaliação conceitual, explorando os conceitos aprendidos. ☞ Avaliação da Ferramenta: Nesse momento, será entregue aos alunos uma avaliação referente ao aplicativo “Flutua ou Afunda?”.
AVALIAÇÃO		
A avaliação dos conhecimentos explorados dar-se-á pelas atividades propostas: (a) avaliação 1: Relatório de Experimentação; (b) avaliação 2: Avaliação Conceitual.		

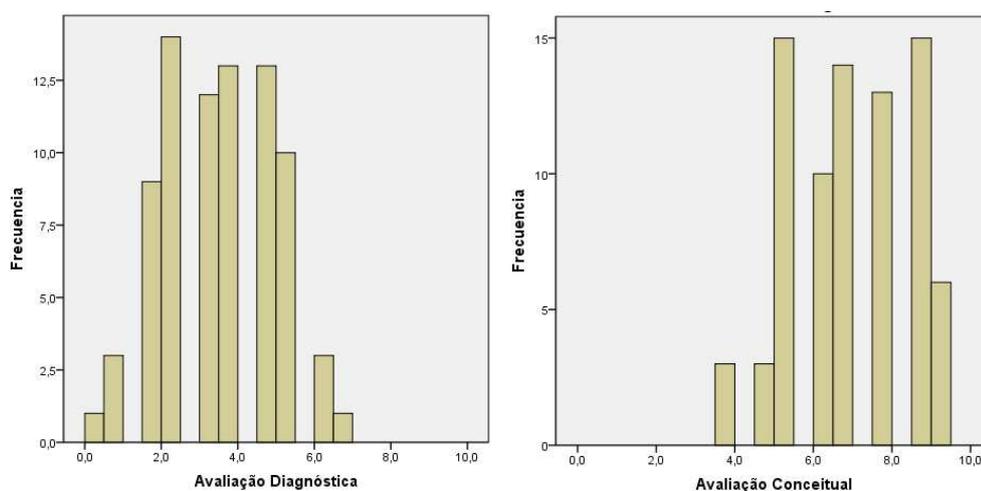
Fonte: Elaborado pelas autoras

Resultados

Com base nos resultados apresentados pelos alunos, em avaliação, foi possível traçar uma média geral sobre o aproveitamento dos alunos. A média inicial referente à Avaliação Diagnóstica (AD) foi de 3,47 (desvio padrão de 1,51), já na Avaliação Conceitual (AC) os alunos obtiveram uma média de 6,93 (desvio padrão de 1,44). Estatisticamente, pode-se afirmar que o resultado obtido foi significativo, uma vez que, aplicando o Teste t de *Student*, tem-se $p = 0,000$ ($\alpha = 0,05$).

Ainda, é possível, por meio do histograma (Figura 2) identificar as notas mais frequentes, apresentadas em um primeiro momento na AD, e num segundo momento, na AC. Percebe-se que o aproveitamento mais frequente na primeira avaliação fica entre 2,0 – 5,0, a mais evidenciada nessa amostra, enquanto que na avaliação conceitual, as maiores notas se sobressaem, o que demonstra a progressão da maioria dos alunos frente à atividade proposta.

Figura 2 – Histograma referente à frequência absoluta dos rendimentos dos alunos na AD e AC



Fonte: Elaborado pelas autoras

Nota-se também que todas as turmas apresentaram progressão de saberes após as aulas com o uso do aplicativo. Aplicando o Teste t de *Student* para cada turma individualmente, utilizando as informações de avaliação diagnóstica e avaliação conceitual, percebe-se que, estatisticamente, todas as turmas obtiveram um índice na aprendizagem final satisfatório, sendo obtido $p = 0,000$, demonstrando que houve uma diferença significativa entre as avaliações diagnóstica e conceitual (Tabela 3).

Como pode ser observado na Tabela 3, as turmas A e B apresentaram um aumento em relação à avaliação inicial (AD) e final (AC) de 3,18 e 3,04 pontos, respectivamente. Já a

turma C obteve a maior diferença entre as avaliações, que foi de 4,16. Essa evidência deve-se principalmente ao envolvimento da turma no momento da aplicação, do qual os alunos apresentaram-se mais focados, e repetiram várias vezes as atividades propostas, revendo os vídeos e reexplorando o simulador. Além disso, os alunos relataram que utilizaram o app “Flutua e Afunda” extraclasse, em suas residências.

Tabela 3 – Médias e valores do teste t de Student para cada turma

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

Nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$)

Fonte: Elaborado pelas autoras

O pré-teste e a primeira experimentação no tanque tiveram como objetivo – além de ajudar o professor a compreender os esquemas iniciais dos estudantes – proporcionar um momento de reflexão aos alunos sobre suas concepções do tema e desestabilizar as possíveis invariantes operatórias falsas. Por meio do pré-teste, pode-se perceber que as invariantes operatórias falsas mais mobilizadas pelos estudantes foram:

- Objetos afundam, pois, são pesados (associavam o fato de os objetos afundarem ou flutuarem com sua massa);
- Que a força de Empuxo só podia ser aplicada a líquidos;
- Que os Icebergs eram presos e fixos ao fundo do mar;
- Que o navio flutuava pois era menos pesado do que a água que o sustentava.

A experimentação no tanque revelou que as crenças iniciais dos alunos em relação aos objetos que flutuam ou afundam na água estavam relacionadas, especialmente, a se o objeto era leve ou pesado (Figura 3). Entretanto, também se destacaram as palavras *materiais* e *água*, que estão relacionadas às sentenças: “*Por causa do material que ele é feito*”, “*Por que ele é mais pesado que a água*” e “*Por que ele é mais leve que a água*”, o que demonstra que alguns alunos já conseguiam identificar que justificativas apenas como “*o objeto é leve ou pesado*” não davam conta de resolver a situação.

Figura 3 – Palavras mais frequentes entre as respostas na primeira experimentação no tanque



Fonte: Elaborado pelas autoras

No final das aulas, com o uso do app, o aluno deveria escrever um pequeno relatório sobre o que aprendeu, com isso foi possível perceber a evolução dos conhecimentos e, em consequência, a construção das novas invariantes operatórias sobre o tema. Dos 78 alunos, 66 responderam. A Tabela 5 apresenta cada invariante operatória passível de ser enunciada sobre o tema e as principais respostas dos estudantes. São apresentados alguns relatórios que representam as respostas da maioria dos alunos que participaram da pesquisa.

Tabela 4 – Invariante operatória passível de ser enunciada e respostas dos estudantes

<p><i>A densidade de um corpo que determina se ele irá flutuar ou afundar em um fluido.</i></p> <p>A1. Aprendi que tem alguns materiais que flutuam ou afundam pelo material que ele é feito [...] não é a massa que determina se o corpo afunda ou flutua, [...], a densidade do corpo é menor que a densidade do líquido, exemplo nós, a nossa densidade é menor que a densidade do líquido, por isso boiamos.</p> <p>A5. Ele flutua ou afunda por conta da sua densidade que a razão entre a massa e volume.</p> <p>A10. Não é a massa que determina se um corpo boia ou afunda e sim a densidade. Se o corpo for mais denso que o líquido irá afundar, se for menos irá flutuar.</p>
<p><i>O corpo afunda se a densidade do corpo for maior que densidade do fluido.</i></p> <p>A1. Por que uma pedra pequeninha afunda? pois ela é mais densa que o líquido. Que corpo mais denso que o líquido afunda.</p> <p>A7. Corpo afunda: A densidade do corpo é MAIOR que a densidade do líquido.</p>
<p><i>O corpo fica em equilíbrio se a densidade do corpo for igual a densidade do fluido.</i></p> <p>A7. Corpo fica imerso em equilíbrio: A densidade do corpo é exatamente IGUAL à densidade do líquido.</p> <p>A10. Corpo fica imerso porém em equilíbrio: A densidade do corpo é exatamente igual à densidade do líquido e o peso é igual o empuxo</p>
<p><i>O corpo flutua na superfície se a densidade do corpo for menor densidade do fluido.</i></p> <p>A1. Um barco como ele é menos denso que a água ele vai boiar.</p> <p>A4. Tudo que eu consegui entender foi que um navio não afunda pois o navio é mais leve que a água [...]. O empuxo e o iceberg tem a ver um com o outro pois o gelo do iceberg é formado por gelo polar isto é, formado de gelo de água doce que existe menos densidade.</p> <p>A10. Corpo boiando: Densidade do corpo é menor que a densidade do líquido.</p>
<p><i>Empuxo é a força que o líquido age sobre o corpo que está imerso ou parcialmente imerso.</i></p> <p>A3. Empuxo é um nome dado a força exercida por um fluido sobre um objeto mergulhado total ou praticamente nele, também conhecido como Princípio de Arquimedes, e o empuxo sempre apresenta direção vertical e sentido para cima no surgimento de uma força vertical para cima o empuxo não surge apenas em líquido por exemplo um balão flutua porque ar atmosférico que é um fluido exerce uma força sobre ele maior do que seu peso.</p> <p>A4. A teoria do empuxo é que todo corpo que é mergulhado em uma piscina, banheira e etc... tende a ter uma força vertical para cima, a qual a intensidade seja igual ao peso fluido do corpo [...].</p> <p>A16. O empuxo ou princípio de Arquimedes é o peso do volume do líquido deslocado, é uma força, então sua</p>

unidade de medida é Newton, ele sempre apresenta direção vertical e sentido para cima.

Volume do líquido deslocado é igual o Volume do corpo o corpo que está em equilíbrio

A5. Quanto maior a água o navio conseguir deslocar, maior será a reação da água com o navio, e isso tudo depende da densidade da água.

A16. Um navio enorme e pesado não afunda porque o peso do navio desloca um certo volume de água e provoca uma reação em sentido contrário [...].

A17. Os navios NÃO AFUNDAM porque o peso do barco desloca um certo volume de água e provoca uma reação em sentido contrário.

Fonte: Elaborado pelas autoras

Também foi possível perceber que a forma como o tema foi abordado no aplicativo aguçou a curiosidade dos alunos, principalmente por ter levado o tema para situações reais do dia a dia. Isso pode ser evidenciado pelos muitos relatos que abordaram o funcionamento dos navios e icebergs:

[...] Se a água empurrar o navio para cima, ele não irá tombar, pois dentro do casco de um navio existem várias câmaras de água que impedem que o navio vire. Quem controla a quantidade de água que vai para essas cabines, é o capitão, que acompanha tudo de sua cabine, no exterior do casco do navio existe uma série de medidas que tem o nome de plimsoll (A16).

Os icebergs são pedaços de gelo que flutuam em águas geladas. Eles são constituídos de água doce, só 10% dele emerge à superfície. Os icebergs só flutuam pelo fato de que a água doce é menos densa que a água salgada, assim sofrendo maior pressão (A7).

Em relação à segunda parte da coleta de dados, que tinha como objetivo conhecer as percepções dos estudantes em torno das atividades realizadas do ponto de vista do contexto das TIC, foram analisadas as percepções dos estudantes em cinco dimensões diferentes: aspectos de implementação, conteúdo, satisfação, hardware e implementação-conteúdo da ferramenta. Pode-se perceber que, de modo geral, os alunos obtiveram uma boa aceitação da abordagem utilizada. As respostas ficaram com valor de moda entre 4 e 5 (“4. Concordo Parcialmente” (CP) e “5. Concordo Totalmente” (CT)) para as afirmativas positivas e 1 e 2 (“2. Discordo Parcialmente” (CP) e “5. Discordo Totalmente”) para as afirmativas negativas (Tabela 5).

Tabela 5 – Percepções dos alunos ao utilizar o aplicativo “Flutua ou Afunda?” em aula

Questões	DT	DP	SO	CP	CT	Totais
Implementação Q1. Eu não fiquei confortável usando o app	56 (72%)	7 (9%)	5 (6%)	1 (1%)	9 (12%)	78(100%)
Q3. Foi fácil navegar no aplicativo “Flutua ou Afunda?”	2 (3%)	9 (12%)	5 (6%)	15 (19%)	47 (60%)	78(100%)
Q7. O designer gráfico do aplicativo não é visualmente atraente	16 (21%)	16 (21%)	17 (22%)	23 (29%)	6 (8%)	78(100%)

	Q8. Foi difícil usar o aplicativo	50 (64%)	8 (10%)	7 (9%)	4 (5%)	9 (12%)	78(100 %)
	Q9. Recebi informações suficientes para o uso do aplicativo.	1 (1%)	3 (4%)	10 (13%)	18 (23%)	46 (59%)	78(100 %)
	Q16. Foi simples usar o aplicativo “Flutua ou Afunda”.	2 (3%)	3 (4%)	5 (6%)	16 (21%)	52 (67%)	78(100 %)
	Q17. Não encontrei problemas para executar as ações que desejava no aplicativo.	5 (6%)	4 (5%)	6 (8%)	23 (29%)	40 (51%)	78(100 %)
Conteúdo	Q4. As informações exibidas no aplicativo nem sempre eram precisas.	43 (55%)	19 (24%)	10 (13%)	4 (5%)	2 (3%)	78(100 %)
	Q5. O aplicativo ofereceu informações suficientes sobre o conteúdo estudado.	2 (3%)	2 (3%)	8 (10%)	20 (26%)	46 (59%)	78(100 %)
	Q10. Eu gostei da forma como as informações foram apresentadas no aplicativo.	2 (3%)	2 (3%)	8 (10%)	15 (19%)	51 (65%)	78(100 %)
Satisfação	Q6. O aplicativo ofereceu informações importantes para o meu aprendizado	1 (1%)	1 (1%)	3 (4%)	8 (10%)	65 (83%)	78(100 %)
	Q11. Em geral, estou satisfeito com o aplicativo “afunda ou flutua”.	1 (1%)	3 (4%)	7 (9%)	17 (22%)	50 (64%)	78(100 %)
	Q12. O uso do celular (Smartphone) aumentou minha motivação em aprender física.	1 (1%)	1 (1%)	8 (10%)	12 (15%)	56 (72%)	78(100 %)
	Q13. Gostaria de utilizar outros aplicativos na disciplina de física.	0 (0%)	0 (0%)	6 (8%)	3 (4%)	69 (88%)	78(100 %)
	Q14. Aconselharia meus amigos a utilizar o aplicativo “Afunda ou Flutua”.	0 (0%)	0 (0%)	4 (5%)	15 (19%)	59 (76%)	78(100 %)
	Q15. O aplicativo “Flutua ou Afunda” foi relevante para meus estudos.	1 (1%)	0 (0%)	7 (9%)	14 (18%)	56 (72%)	78(100 %)
Hard	Q2. Fiquei confiante em usar o aplicativo no Smartphone (celular).	2 (3%)	3 (4%)	7 (9%)	13 (17%)	53 (68%)	78(100 %)

Fonte: Elaborado pelas autoras

Essa postura positiva também pode ser encontrada entre os relatos dos estudantes na questão aberta, na qual eles precisavam indicar pontos positivos e negativos sobre o uso do app em aula. Abaixo são apresentados alguns dessas respostas:

Não tive problemas com o app, super fácil de usar, foi uma aula diferente e legal, gostei muito. Não tenho o que reclamar, não é pesado e não travou. Muito bom usar celular na escola, mais rápido e prático. Não precisa copiar matérias do quadro. Adorei! (A4)

A aula foi muito interessante, pois utilizamos os celulares como um material de aprendizagem e estudo. Consegui compreender melhor a matéria utilizando o app. E acho que se utilizarmos mais vezes o celular e aplicativos como uma forma de estudo, pode acabar chamando mais atenção e a curiosidade de muitos alunos (A33).

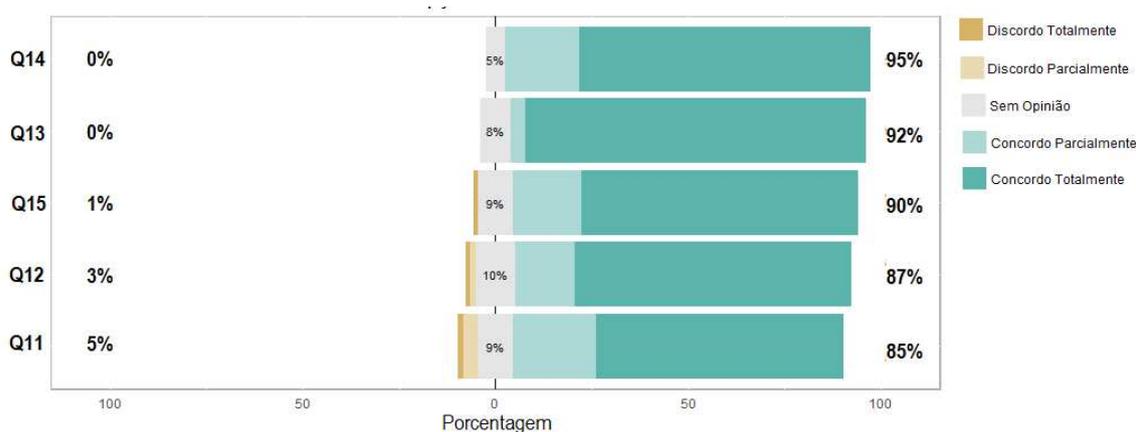
Fazendo uma análise separada por dimensão, evidencia-se que a percepção dos estudantes em relação à sua *satisfação* em utilizar o aplicativo apresentou índices melhores de concordância quando comparados a outras dimensões (Figura 4). Destaca-se a questão “Q13. Gostaria de utilizar outros aplicativos na disciplina de física”, a qual obteve 92% de concordância, corroborando com o relato de alguns alunos:

O aplicativo me ajudou a aprender mais sobre o tema, e fez eu me interessar mais pela física. Mas gostaria que esse aplicativo não fosse apenas utilizado nas aulas de física, mas por todas as matérias. Pois o aluno pode usá-lo mais em sala de aula e também EAD em qualquer local (A17).

Achei o aplicativo bem legal, uma forma de usar a tecnologia para o aprendizado e não só para passar o tempo. Eu aconselharia para outros professores. Fomos bem mais eficientes do que em aulas normais (A18).

Da mesma forma, as questões “Q14. Aconselharia meus amigos a utilizar o aplicativo *"Afunda ou Flutua"*”, com um índice de concordância total e parcial de 76% e 19%, respectivamente, e; “Q15. O aplicativo *"Flutua ou Afunda"* foi relevante para meus estudos”, da qual 72% dos estudantes concordaram totalmente e 18% parcialmente, evidenciam a satisfação dos alunos em utilizar o aplicativo em aula.

Figura 4 – Percepções dos alunos frente à sua satisfação em utilizar o app Flutua ou Afunda?



Fonte: Elaborado pelas autoras

Complementando a questão Q15, destaca-se a questão “Q6. O aplicativo ofereceu informações importantes para o meu aprendizado”, da dimensão *implementação-conteúdo* (“I e C” na tabela 5), com um índice de concordância total de 83% e 10% de concordância parcial. Da mesma forma, a dimensão *conteúdo*, de modo geral, apresentou índices positivos, o que demonstra uma boa aceitação dos estudantes em relação ao conteúdo apresentado e seu aprendizado com o uso do aplicativo. Esses dados são reafirmados por meio dos relatos dos alunos:

O aplicativo para mim foi muito bom de usar. Me senti mais preparado por conta das informações que estavam nele. As informações estavam bem completas (A16)

[..] o aplicativo é deveras rico em informações e conhecimento. Acredito que seu uso tornou a aula mais prática e produtiva [..] (A35).

A dimensão implementação, com objetivo de verificar a facilidade de uso, design e instruções para uso, obteve os menores índices de aceitação, destacando a questão “Q7. O designer gráfico do aplicativo não é visualmente atraente”, que obteve índice de concordância de 37%. Essa percepção pode ser evidenciada em relatos dos estudantes, os quais sugeriram melhorias no designer do aplicativo:

Achei muito legal poder usar o celular em aula, pois o celular é uma coisa que está muito presente em nosso dia a dia e conseqüentemente nos prende mais. Quando estávamos usando, todos realmente fizeram as atividades e se dedicaram. Poderia melhorar o designer. Gostei do uso do app pois deixou a aula mais dinâmica e atraente aos olhos dos alunos (A21).

O aplicativo em si, é bastante interessante. Quando baixei o aplicativo imaginei algo com texto e perguntas, mas o jogo foi uma forma bastante interessante e eficiente de trabalhar o assunto empuxo. Gosto muito da maneira que o aplicativo abordou, o assunto, como as explicações é um ótimo complemento. O designer precisa melhorar, mas com o aplicativo estou bastante satisfeito (A31).

Vale destacar que, apesar dos alunos sugerirem melhorias no design do aplicativo, a maioria dos estudantes relataram que não tiveram problemas em aprender a utilizar o aplicativo, descrevendo ser de fácil utilização, como apresentado nas questões Q3 e Q9 (Tabela 5). Outro ponto a destacar dessa dimensão é em relação à internet da escola: alguns alunos relataram dificuldades na execução do aplicativo, como travamento e lentidão, e associaram isso à internet de baixa qualidade oferecida pela instituição. Como o banco de dados utilizado no aplicativo é hospedado em nuvem, essas dificuldades realmente podem estar associadas à internet, entretanto, é importante destacar que o aplicativo conta com muitas imagens, o que exige o processador do dispositivo e pode levar à lentidão na execução.

Considerações finais

Esse estudo evidencia que o uso do aplicativo móvel contribuiu positivamente para o ensino de conceitos referentes ao princípio de Arquimedes, quando planejado dentro dos princípios apresentados na Teoria dos Campos Conceituais.

A teoria se destaca pela atenção e importância com que Vergnaud trata o sujeito-em-situação. Esse ponto trouxe elucidação na construção das atividades previstas no plano de aula, no desenvolvimento do app “Flutua ou Afunda” e na análise de situações de ensino e

aprendizagem, ao serem trabalhados conceitos dentro do Princípio de Arquimedes, já que a teoria de Vergnaud traz a necessidade de acompanhar os alunos em todo processo de aprendizagem, buscando identificar nos conceitos e teoremas em ação a progressão temporal de seu conhecimento.

Vale ressaltar que a teoria dos campos conceituais proporcionou ao professor pensar seu objeto de ensino de forma mais global, trabalhando melhor os conceitos abordados, o nível de profundidade das atividades propostas e a avaliação: entende-se que estas situações devem ser planejadas a partir da seleção das situações que deverão ser enfrentadas pelos estudantes.

Os resultados ainda apontam para uma grande satisfação dos estudantes quanto ao uso dos smartphones em sala de aula, e a forma como esse recurso potencializou o interesse e motivação dos mesmos para o conteúdo trabalhado. Portanto, a prática proposta como objeto de estudo nessa pesquisa apresenta-se como referencial teórico promissor para pesquisas em que se quer focar o sujeito em ato, envolvido em processo de aprendizagem ativa, ao mesmo tempo em que se pretende fazer uso de *mobile learning*.

Em síntese, o estudo demonstra o potencial da teoria de Vergnaud como referencial teórico para o planejamento didático e construção de recursos tecnológicos que envolvam ativamente os alunos nos processos de ensino e aprendizagem. A teoria auxiliou no desenho de situações de ensino, na seleção dos conceitos e teoremas-chave e suas relações. Apresentando-se, integrada a recursos tecnológicos, como uma proposta de ensino inovadora e com alta aceitação e usabilidade por parte dos estudantes.

REFERÊNCIAS

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.

FIGUEIREDO, 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.; TAROUÇO, 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.

Como referenciar este artigo

NICOLETE, P. C.; SANTOS, A. C.; TAROUÇO, L. M. R.; SILVA, M. A. M. Teoria dos campos conceituais como instrumento para o planejamento e construção de recursos tecnológicos para o ensino de ciências. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 16, n. 4, p. 2560-2577, out./dez. 2021. e-ISSN: 1982-5587. DOI: <https://doi.org/10.21723/riaee.v16i4.13435>

Submetido em: 17/07/2021

Revisões requeridas em: 21/08/2021

Aprovado em: 20/09/2021

Publicado em: 21/10/2021