



UMA VISÃO GERAL DOS RECENTES TRABALHOS REALIZADOS SOBRE A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD

A GENERAL OVERVIEW OF RECENT PAPERS ON THE VERGNAUD'S CONCEPTUAL FIELDS THEORY

Felype Heusy* [felype.heusy@gmail.com]

Angela Mary Gaulke* [angelamarygaulke@gmail.com]

Carlos Raphael Rocha* [carlos.rocha@udesc.br]

Universidade do Estado de Santa Catarina

RESUMO

A presente revisão busca estimular a utilização da Teoria dos Campos Conceituais e situar pesquisadores sobre seus recentes usos. São apresentadas classes de trabalhos que usam a teoria de Gérard Vergnaud como referencial teórico de forma integral ou parcial. Notou-se que dois conjuntos padrões se sobressaíram na pesquisa: (1) utilização da Teoria dos Campos Conceituais como fundamentação para o desenvolvimento do trabalho; (2) utilização de poucos elementos da teoria ou apenas menções a alguns de seus conceitos. É no primeiro conjunto que está o cerne desta revisão. Nele, são destacados trabalhos que utilizam de Invariantes Operatórios e, como consequência, que trabalham com conceitos como esquema, teorema e conceito-em-ação, considerados centrais na teoria para desdobramentos didáticos. Como a teoria possui grande amplitude de abrangência, tem-se um conjunto heterogêneo de trabalhos com propósitos diferentes e com recortes distintos. Foi dada ênfase a artigos que usam elementos da teoria para fazer análises de sequências didáticas aplicadas ou não, ou reflexões que ajudam na percepção e entendimento de novos Campos Conceituais. Esta revisão indica uma consolidação da Teoria dos Campos Conceituais trazida para a Física, inclusive como aliada para o ensino de Física Moderna no ensino médio, e vem, ainda, mostrando-se como eficaz e amadurecida para planejamentos didáticos que envolvam maiores cargas horárias. Apesar de, a rigor, ser útil aos diferentes níveis de escolaridade, há uma escassez de trabalhos para o ensino fundamental.

PALAVRAS-CHAVE: Teoria dos Campos Conceituais; Invariantes Operatórios; Vergnaud; revisão da literatura.

ABSTRACT

This review aims to encourage the use of the Conceptual Field's Theory and to situate researchers about its recent uses. We present sets of papers that use, entirely or parts of, the theory of Gérard Vergnaud as a theoretical background. It was noted that two standard fields stood out in the research: (1) use of the Theory of Conceptual Fields as a framework for the development of the research; (2) use of a selected few elements of the theory or just a mention of a some of its concepts. The core of this review is in the first set, as it highlights works that use Operational Invariants and, as a consequence, works with concepts such as scheme, theorem and concept-in-action, which are main hubs in the theory for didactic developments.

As the theory is wide-ranging, there is a heterogeneous set of papers with different purposes and distinct outlines. We emphasized articles that use elements of theory to make analysis of didactic sequences (applied or not), or observations that help perceptions and understandings on new Conceptual Fields. This review indicates a consolidation of the Theory of Conceptual Fields in Physics, especially as an ally for teaching of Modern Physics in high school. It has, also, been shown to be effective and consolidated for didactic planning that involves a longer time in class with the students. The theory is useful at different levels of schooling, although there is a shortage of research with elementary schools.

KEYWORDS: *Conceptual Field's Theory; Operational Invariants; Vergnaud; literature review.*

INTRODUÇÃO

A Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Vergnaud (1982, 1990, 2007, 2012) tem sido bastante utilizada na pesquisa em ensino de ciências e, partindo deste pressuposto, julgamos necessária a realização de uma revisão que identifique e caracterize suas formas de uso. O desenvolvimento da TCC tem sido feito desde a década de 80, porém há alguns anos ela tem sido identificada como poderosa ferramenta para proporcionar e auxiliar os processos de conceitualização nas ciências, especialmente após a publicação de Moreira (2002), que expandiu ainda mais os horizontes da sua usabilidade. É possível notar que este fato contribuiu para o aumento no número de trabalhos referenciando a TCC como aporte teórico, ao menos no Brasil.

Para uma boa revisão, parte-se também do pressuposto que o conhecimento é um empreendimento de construção coletiva e, portanto, para que haja uma problematização relevante em futuras pesquisas acerca de determinado tema, é necessário que haja um interesse do pesquisador em se situar neste empreendimento. Esse esforço é facilitado quando existem publicações com revisões atualizadas sobre o tema de interesse do pesquisador (ALVES-MAZZOTTI e GEWANDSZNAJDER, 2002).

O objetivo deste trabalho é, desta forma, oferecer um panorama dos estudos desenvolvidos e dos rumos tomados à luz da TCC, dando-se ênfase aos seus principais aspectos, na perspectiva dos autores deste artigo, e os aspectos mais levados em conta pelo meio acadêmico no momento da elaboração, da aplicação ou da análise de uma sequência didática ou de uma pesquisa em ensino-aprendizagem. Buscamos identificar ainda os aspectos vistos como auxiliares ou complementares a outras teorias para, com isso, nortear e atrair mais pesquisas que tenham como proposta entender ou aplicar tais aspectos, de conceitualização, abrangidos pela TCC. Afinal, é a familiaridade com o estado da arte que torna o pesquisador capaz de problematizar o tema e de indicar a contribuição que seu estudo pretende trazer à expansão do conhecimento (ibid.).

A importância da presente revisão está na análise da evolução e dos propósitos do uso da TCC, bem como dos resultados por ela alcançados ao se mostrar uma poderosa ferramenta para o ensino e aprendizagem de conceitos de ciências, além de ensinar e poder servir de auxílio para novas pesquisas. Pretendemos, assim, fazer análises que possibilitem a aproximação de respostas a perguntas como: Qual direção tem tomado as publicações? Quais objetivos vêm sendo alcançados? Quais campos conceituais vêm sendo trabalhados? Em artigos que utilizam a TCC aliada a outras teorias, quais autores estão sendo usados em conjunto?

Para atender à proposição da revisão, buscando responder as perguntas do último parágrafo, trazemos em seguida uma breve síntese dos aspectos centrais da TCC que indicam os elementos que estávamos em busca durante a análise dos trabalhos e, em seguida, a metodologia utilizada na pesquisa e os recortes e asserções sobre cada artigo que compõem

o corpo da revisão. Após a análise de cada artigo, tecemos uma síntese quantitativa e generalista das publicações.

Referencial teórico

A TCC de Vergnaud (1982, 1990, 2007, 2012) é uma teoria cognitivista que herda influências principalmente de Vygotsky e Piaget, sendo algumas vezes classificada como neopiagetiana. Em termos gerais, ela pressupõe que o desenvolvimento cognitivo se dá pelo domínio progressivo de instâncias denominadas Campos Conceituais (CC). Vergnaud considera o campo conceitual como uma unidade de estudo para dar sentido às dificuldades observadas na conceitualização do real. A TCC considera esta conceitualização a essência do desenvolvimento cognitivo. Um campo conceitual é, assim, um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e entrelaçados durante o processo de aquisição (apud MOREIRA, 2002, p. 9-10). Essa definição mais geral pode ser refinada ao adentrarmos à importância e às definições de situação e conceito dadas por Vergnaud.

Conceito é definido como a tríplice aliança entre três conjuntos: o conjunto das situações, que é o que dá sentido ao conceito e é tido como o referente do conceito; o conjunto dos invariantes operatórios, que abarca a esfera da operacionalidade do conceito e é tido como o que dá significado aos conceitos, sendo composto por objetos, propriedades e relações; o conjunto das representações simbólicas, que é o que é usado para representar os invariantes operatórios (IOs), as situações e os processos para lidar com elas. As representações simbólicas são o significante dos conceitos e podem ser linguagens, gráficos, sentenças, etc.

Agora sobre as situações, na TCC elas ganham o teor de tarefas e não de situação didática. Toda situação complexa pode ser analisada como uma combinação de tarefas para as quais é importante reconhecer suas naturezas e dificuldades próprias (VERGNAUD, 1990, p. 146). Os processos cognitivos e, portanto, as conceitualizações acontecem em função das situações enfrentadas pelo sujeito aprendiz. Duas ideias são centrais para que as situações deem sentido aos conceitos: variedade e história. As situações que os aprendizes enfrentaram e progressivamente dominaram, ou uma variedade delas, moldam os seus conhecimentos. Para Vergnaud, as primeiras situações enfrentadas são especialmente importantes, reafirmando o caráter histórico das situações na progressão dos aprendizes.

Assim, a definição de campo conceitual pode ser dada como sendo, antes de mais nada, um conjunto de situações cujo domínio requer a internalização de vários conceitos distintos à estrutura cognitiva do aprendiz (VERGNAUD, 1990, p. 146), sendo esta uma versão mais refinada. Ocorre, desta forma, que um conceito não pode ser analisado de forma isolada e seu domínio e sua compreensão não são feitos por meio da aplicação de uma "receita didática" ou um simples algoritmo, mas sim demandando um longo período de interação e de reflexão do sujeito com o campo. Além disso, uma dada situação não envolve todas as propriedades de um conceito, bem como não envolve apenas um conceito, conforme Vergnaud (1982).

O sentido do conceito é uma relação do sujeito com as situações e com os significantes. Mais precisamente, são os esquemas evocados pelo indivíduo por uma situação ou por um significante que constituem o sentido desta situação ou deste significante para esse indivíduo (VERGNAUD, 1990, p. 158). Aqui reside a grande herança piagetiana na TCC: o conceito de esquema. Vergnaud, no entanto, amplia este conceito ao sugerir que esquemas devem estar relacionados com as características das situações às quais se aplicam. De forma sucinta, a definição nos diz que esquemas são a organização invariante do conhecimento para dada classe de situações. Vergnaud chama de ingredientes dos esquemas os: invariantes operatórios (conceitos-em-ação e teoremas-em-ação); as antecipações das metas a serem alcançadas; as regras de ação do tipo "se... então"; e as possibilidades de inferência.

Para esta revisão, seguimos o entendimento de que os IOs são particularmente importantes nos trabalhos com a TCC, pois são eles que dirigem o conhecimento, por parte do sujeito aprendiz, dos elementos pertinentes à situação; são os conhecimentos contidos nos esquemas; são eles que constituem a base, implícita ou explícita, que permite obter a informação pertinente e dela inferir a meta a alcançar e as regras de ação adequadas e, ainda, são os IOs que fazem a articulação essencial entre teoria e prática, pois a percepção, a busca e a seleção de informação baseiam-se inteiramente no sistema de conceitos-em-ação disponíveis para o sujeito (objetos, atributos, relações, condições, circunstâncias...) e nos teoremas-em-ação subjacentes à sua conduta (Vergnaud 1996c, p. 202, apud MOREIRA, 2002, p. 12).

Inicialmente o especial interesse de Vergnaud esteve nas estruturas aditivas e estruturas multiplicativas no campo da matemática, entretanto é notável o seu potencial contributivo para outras áreas, principalmente para a física e seu ensino. Este fato vem sendo observado devido ao crescente número de publicações que o citam especialmente após as contribuições de Moreira (2002). Esta revisão teve foco em artigos que objetivaram a detecção dos IOs, levando em consideração os aspectos representacionais e na análise dos esquemas expostos na realização de tarefas ou na análise de sequências didáticas e seus resultados. Concentrar-se em artigos que trabalham com os IOs não significa, no entanto, deixar todos os outros aspectos de lado ao salientarmos que o cerne da teoria está justamente embasado nesse conceito, como previamente justificado.

METODOLOGIA

A estruturação deste trabalho está organizada conforme algumas definições. A primeira trata da determinação dos termos a serem utilizados nos mecanismos de busca das revistas, que envolveu palavras como "Vergnaud", "Campos Conceituais" e "Invariantes Operatórios", além de artigos originais do Gérard Vergnaud e as contribuições de tradução de seus artigos feitas por Marco Antonio Moreira.

A segunda definição diz respeito ao prazo em que se compreendeu a publicação dos artigos analisados. Definimos, assim, uma busca por artigos publicados entre 2008 e 2020. A escolha do período foi motivada por uma publicação do próprio Vergnaud no ano de 2007 e, portanto, pressupôs-se que ela pudesse vir a influenciar o surgimento de novos trabalhos.

As revistas analisadas para pesquisa, conforme nossa terceira definição, foram selecionadas segundo o critério de classificação atribuído na Plataforma Sucupira da CAPES, usualmente conhecido como Qualis, em que levamos em consideração a avaliação do quadriênio de 2013 a 2016 para a classificação em Ensino. Esta revisão, assim, consistiu na análise de 30 revistas, sendo 15 internacionais e 15 nacionais. Deste total de revistas, treze encontram-se com Qualis A1, dez com Qualis A2, quatro B1 e dois B2. Há ainda uma revista recente cujo Qualis não foi identificado na plataforma, porém é considerada de grande relevância entre pesquisadores da área. Nem todas as revistas analisadas possuíam materiais que trabalhassem com a TCC e as que continham podem ser observadas na tabela 1. No total, foram contabilizados aqui 53 artigos após retirar os que não estavam de acordo com os critérios da revisão. Todos os artigos foram analisados e categorizados de acordo com a forma que seus autores se apropriaram da TCC. A categorização preliminar levou a dois grandes grupos e, posteriormente, o primeiro grupo precisou ser dividido em três, com suas particularidades mais detalhadas. Sabemos, no entanto, que os recortes de pesquisa aqui feitos não abrangem todo o universo de referenciais teóricos utilizados, mas afirmamos que isso não inviabiliza a revisão realizada e dá uma ampla visão dos trabalhos desenvolvidos ao longo dos últimos doze anos. Destacamos ainda que os resumos apresentados não pretendem substituir a leitura do artigo original e, por isso, podem apresentar imprecisões. Quaisquer detalhes adicionais devem ser buscados diretamente nos artigos apresentados nesta revisão.

O uso da Teoria dos Campos Conceituais

Os trabalhos analisados puderam ser separados inicialmente em dois grupos. O primeiro englobou aqueles que usaram a teoria de Vergnaud como base para pesquisa em ensino, tendo sido subdividido em três subgrupos, enquanto o segundo grupo consiste em artigos que apenas citam elementos da teoria de Vergnaud, mas utilizam efetivamente outro(s) referencial(ais) teórico(s) em suas pesquisas:

1. A TCC como base para a pesquisa em ensino

1.1. Sequências didáticas (SD) fundamentadas na TCC: trabalhos que usam a TCC como base para o desenvolvimento e análise de uma SD ou atividade e, então, são feitos levantamentos de situações-problema que podem ser utilizadas na sequência, bem como a identificação e análise dos (possíveis) invariantes operatórios utilizados pelos alunos na aplicação da SD;

1.2. SD com múltiplo referencial teórico: a TCC é utilizada em conjunto a outros referenciais para análise de situações-problemas, bem como de possíveis invariantes operatórios, também envolvendo sequências didáticas ou tarefas, mas ainda ocupa papel central na investigação;

1.3. TCC sem SD: assim como no item 1.1, nesta categorização a TCC é utilizada para fundamentação teórica ou como base para o desdobramento de cada trabalho; a diferença está em não haver uma aplicação ou análise de SD.

2. A TCC como complementar: trabalhos que mencionam Vergnaud ou a TCC, mas apenas como uma complementação para outras teorias, sem necessariamente se preocupar com uma metodologia de análise aprofundada à luz da TCC ou com o desenvolvimento de SDs.

Sabemos que esta categorização não é única e que muitas outras ainda são possíveis. Salienta-se que a opção escolhida foi por criar um pequeno número de categorias e que permitisse uma análise ampla da produção acadêmica ligada à TCC. Outra observação importante é que o termo Sequência Didática aqui é empregado tanto no sentido de uma sequência planejada com várias aulas, com investigações preliminares dos predicados, desenvolvimento de atividades e avaliação final, quanto uma única situação-problema ou um conjunto de situações-problema aplicadas e analisadas em uma única aula.

RESULTADOS

A apresentação dos resultados se sucederá com uma organização anual dentro das categorias expostas anteriormente, com a apresentação da quantidade de artigos, as revistas e qual o perfil dessas publicações. Ela não é necessariamente cronológica, pois os artigos publicados no mesmo ano, não necessariamente estão por ordem de data de publicação, mas a divisão anual pode nos dar uma perspectiva da evolução e dos propósitos acerca de seu uso entre 2008 e 2020.

Tipo 1.1: Sequências Didáticas Fundamentadas na Teoria dos Campos Conceituais

Para manter a organização e facilitar a leitura desta revisão, optamos por apresentar um conjunto de informações preferencialmente nesta ordem: autores; área do conhecimento (CC/assunto/conteúdo); objetivo principal; materiais/forma/recursos da aplicação da SD, ou situação-problema, ou tarefas; duração; público-alvo (série/ano, quantidade); resultados e conclusões (de forma bastante sucinta, como são utilizadas as representações simbólicas, teoremas e conceitos-em-ação); sua facilidade de reprodução. Salienta-se, entretanto, a possibilidade de flexibilizar comentários e recortes extras sobre alguns artigos, levando em

consideração a possibilidade de apresentarem particularidades interessantes. A ausência de alguma(s) dessa(s) informação(ões) se deve ao fato de não ter sido possível identificá-la(s) no artigo.

Carvalho Jr. e Aguiar Jr. (2008) abordam o CC da Física Térmica, tendo como ponto de partida a distinção entre os conceitos de calor e de temperatura, relacionando ainda, energia cinética, energia potencial, mudanças de estado e as leis termodinâmicas. Tem por objetivo analisar quão efetivo é diversificar as estratégias e atividades de ensino no aprendizado dos alunos. Foram utilizadas leituras individuais de textos, atividades práticas e discussões em grupos pequenos, discussões com toda a turma e animações de computador. O trabalho todo teve duração de 24 aulas e foram feitas entrevistas sete meses após o término da sequência com sete alunos da segunda série do Ensino Médio (EM), ano em quem a SD foi aplicada. Os resultados indicam a evolução dos alunos em suas conceitualizações envolvendo calor, temperatura e equilíbrio térmico. A TCC é caracterizada como referencial promissor para a construção de planejamentos didáticos e suas análises, sendo que, segundo os autores, a grande contribuição está na preocupação que Vergnaud tem com o sujeito-em-situação.

Magina e Campos (2008) trabalham o conceito de fração, no CC da matemática, com o objetivo de investigar os conceitos dos professores que lecionam matemática para o segundo ciclo do fundamental sobre funções, não especialistas ou polivalentes, e o desempenho dos alunos desse ciclo resolvendo problemas com frações, visando compreender como o conceito de fração vem sendo ensinado e aprendido. A investigação totalizou 70 professores polivalentes e 131 estudantes de quarto e quinto ano (3ª e 4ª série no artigo), em sete escolas públicas. São analisadas sete questões apresentadas aos professores que envolviam investigar suas habilidades didáticas e um prognóstico de sucesso de acertos de situações-problema feitas pelos alunos. É analisado também o desempenho dos alunos nessas situações-problema e comparado ao prognóstico dos professores. Em geral, os professores tendem a superestimar o desempenho de alunos de quinto ano em detrimento aos de quarto ano, mas, em ambos os níveis, os alunos não tiveram um desempenho adequado nas situações-problema apresentadas, indicando uma possível falta de domínio do campo conceitual. As questões usadas com os professores e os alunos podem ser encontradas no artigo.

Bertoni (2008) também traz um trabalho com o CC da matemática e que trata de frações. O objetivo é apresentar uma reflexão sobre seus vinte anos de experiência em ensino para construir uma proposição didática ao longo do artigo com referência à TCC. A autora mostra essa proposição em considerações feitas sobre as situações-problema, os esquemas e as representações, aplicados aos conceitos de frações, centrando-se na análise e reflexão de trabalhos aplicados ao longo do período. Há aplicações em anos escolares diversos, mas todos contemplam o ensino fundamental. Apesar de a autora usar pouco os termos "invariantes operatórios" ou "esquemas e teoremas-em-ação", há várias menções a eles ao longo do material, quando são propostas situações-problema, estruturas de situações-problema e suas possíveis respostas. A autora aponta para resultados positivos em cursos de capacitação e ampliação de senso numérico dos alunos.

González e Escudero (2009) tratam do CC do Sistema de Unidades e Medidas, dentro do CC da Mecânica Clássica (envolvendo os conceitos de trabalho e energia). O trabalho tem o objetivo de identificar padrões de representações envolvendo as unidades de medidas, alegando ser parte importante que dá sentido às conceitualizações. São analisadas 120 avaliações escritas feitas por alunos da primeira série do ensino secundário, que tiveram aulas expositivas pouco diversificadas. Na análise das questões propostas, pelo menos 84% dos alunos apresentaram problemas com as unidades e que podem ser resumidos como: incoerência com a magnitude, desconhecimento da importância da homogeneidade de unidades para resolver operações, omissão de unidades durante as resoluções, desvalorização da importância das convenções para os símbolos. Os autores fazem observações para que se

desenvolvam mais tarefas que contribuam para a construção do conceito de equivalência, valorização da precisão do uso da linguagem matemática e hábitos de fazer comparações desde o ensino primário, a fim de ampliar a possibilidade de resolução de problemas cada vez mais complexos.

Escudero, Moreira e Caballero (2009) trabalham com o CC da Cinemática, especificamente o movimento rotacional com atrito. O objetivo é fazer a análise detalhada de uma situação-problema buscando identificar conhecimentos implícitos para, possivelmente, caracterizá-los como IOs neste CC. A justificativa é que o movimento rotacional com atrito envolve muitos conceitos de diferentes dificuldades que se inter-relacionam. Faz-se uma análise do tipo exploratória qualitativa e que é desenvolvida sobre a resolução de uma situação-problema feita por 41 alunos do primeiro ano de Engenharia, em sua terceira avaliação, e por 16 alunos de Licenciatura em Geologia, durante sua quarta avaliação. Ambas as resoluções são feitas em disciplinas de Física I, mas as cargas horárias e configurações são distintas. Foram concebidas cinco categorias envolvendo os níveis de conceitualização dos alunos, em termos de invariantes operatórios, algumas representações feitas pelos estudantes são discutidas e são explicitados teoremas e conceitos-em-ação que envolvem cada categoria. A TCC exerce seu papel para a interpretação das dificuldades e diferentes níveis de representações dos alunos.

Fanaro e Otero (2009) trabalham com o CC da Mecânica Quântica, tendo por base o experimento de dupla fenda. O objetivo é apresentar os resultados da análise da conceitualização construída pelos alunos ao serem submetidos a uma SD, analisar a viabilidade desta SD e identificar como os alunos extraem e selecionam informações pertinentes para inferir nas tarefas. Não fica claro o tempo de duração da SD, mas pelo que é indicado, os alunos permaneceram sob análise um ano letivo inteiro, sendo a SD parte da carga horária. A aplicação foi feita no último ano do EM com trinta alunos. Durante a SD foram organizados seis grupos que permaneceram os mesmos do início ao fim da análise. Os materiais priorizavam discussões dentro dos grupos, eram entregues e recolhidos em cada aula, as perguntas dos estudantes eram respondidas com outras perguntas pelos professores. Cada grupo teve suas discussões gravadas e transcritas seguindo protocolos de análise. Em termos gerais, foram estabelecidas quatro etapas e seis situações-problema discutidas no artigo com recortes das representações dos alunos envolvendo os invariantes operatórios. É destacada a necessidade de discutir as modelizações na Ciência e o caráter fundamental de duas ações para promover a conceitualização: produzir situações-problema que façam emergir a explicitação das ideias dos alunos e exigir conversas pertinentes entre professores e alunos, considerando a linguagem e o emocional.

Catalán, Sahelices e Moreira (2010) trabalham com os CCs do Magnetismo e do Eletromagnetismo. Após uma revisão que identificou diversos obstáculos no aprendizado de conceitos básicos envolvendo tais campos, os autores se propuseram a identificar os níveis de conceitualização construídos pelos alunos durante o período instrucional. Foram elaboradas seis situações-problema e analisadas com base em quatro níveis de conceitualização estipulados pelos próprios autores, com base no que é aceito na comunidade científica. São, em suma, situações-problema do tipo lápis e papel feitas com três alunos de engenharia, no ciclo básico de Física (graduação). São feitos recortes das representações dos alunos e discutidos ao longo do artigo, identificando alguns IOs. O uso da TCC, segundo os autores, possibilita encontrar informações sobre o processo cognitivo para intervir e mediar a aprendizagem e consideram importante tomar-se como ponto de partida as representações simbólicas e os IOs. São identificados avanços e estagnações no processo de conceitualização dos alunos, que apresentaram diferentes níveis de processos de rupturas e, por conseguinte, de conceitualização.

O trabalho de Marques, Guimarães e Gitirana (2011) traz o CC da matemática, estudando os conceitos de estatística, mais especificamente de média aritmética. O objetivo dos autores é investigar como esse conceito é compreendido por professores de anos iniciais e alunos de terceiro e quinto ano do ensino fundamental. Os autores fizeram dois testes com sete situações-problema cada, aplicando um para cada metade do público investigado. Tais situações-problema levam em conta invariantes e significados apresentados e discutidos por outros autores. A pesquisa contemplou 75 alunos do terceiro ano, 104 alunos do quinto ano e 31 professores dos anos iniciais. Após a análise estatística dos dados coletados, é evidenciado que os resultados obtidos dos alunos de terceiro e quinto ano não apresentam significativas diferenças e, além disso, o desempenho geral dos professores fica abaixo do esperado. Os autores também informam que os dois testes possuem representações distintas, mas que isso não parece influenciar significativamente no desempenho geral, tendo mais impacto os significados que as representações.

Queiroz e Lins (2011) trabalham com o CC da matemática com foco nas estruturas aditivas e visam caracterizar as dificuldades no aprendizado envolvendo conceitos do CC, com ênfase na análise dos erros cometidos pelos alunos durante a realização de duas fichas de situações-problema. A abordagem foi feita com nove alunos do programa Educação para Jovens e Adultos (EJA) em sua quarta fase, o que corresponde aos anos finais do ensino fundamental. São mostradas estatísticas com quatro categorias de erros estabelecidos pelos autores e que concordam com características apontadas em outros trabalhos também feitos com o ensino fundamental.

Fioreze et al. (2013) identificam a tecnologia e o acesso aos computadores como ferramentas propícias para diversificar a abordagem de conceitos envolvendo relações de proporcionalidade no CC da Matemática. O objetivo, portanto, é analisar a construção destes conceitos com a utilização de softwares. As atividades são realizadas com duplas de alunos do 9º ano, no contraturno, durante oito encontros de quatro horas-aula cada. São analisadas algumas construções feitas pelos alunos a partir das situações-problema postas e o artigo discute apenas três delas. Como o trabalho faz parte de um doutoramento, possivelmente podem ser encontradas mais informações na tese.

Scheffler e Pino (2013) trazem um estudo acerca do CC de radiação em química, cujo objetivo é identificar as contribuições da TCC para a SD elaborada e aplicada, além de possíveis IOs e fazer inferências sobre a evolução conceitual dos alunos. Foram utilizados recursos de mídia, textos e pesquisa em biblioteca. Os alunos foram avaliados pelas respostas a um questionário inicial dedicado a identificar as concepções prévias, com questões de livre resposta, um questionário intermediário dedicado a identificar possíveis indícios de avanço e um final para analisar a evolução dos alunos, estes dois últimos de questões de verdadeiro ou falso, discursivas ou resolução numéricas. A SD tem duração de oito aulas e os autores trabalham com dez alunos de idades entre vinte e cinquenta anos de um curso técnico de Química aplicada. Os resultados sugerem evolução das conceitualizações dos alunos durante a SD e os autores listam um conjunto de IOs que fez parte de cada conceito trabalhado e, além disso, reafirmam que o referencial teórico é boa ferramenta para o planejamento didático e para uma visão global dos conteúdos.

Escudero, Jaime e González (2014) apresentam um estudo sobre o CC da física sonora, particularmente da sensação sonora e de suas propriedades, mas em uma abordagem interdisciplinar (física-matemática). O objetivo é investigar os IOs que surgem no enfrentamento de situações-problema que envolvem significados da percepção sonora e da linguagem representacional. Inicialmente, em caráter exploratório, resoluções escritas de quatro alunos são analisadas e, posteriormente, resoluções de 25 estudantes na ocasião da primeira avaliação parcial. Não fica claro o nível de escolaridade dos estudantes, mas todos têm entre 18 e 20 anos. Os níveis de conceitualização são apontados e discute-se os principais

conceitos e teoremas-em-ação em cada um deles. A TCC se mostra eficiente para direcionar e encontrar “focos de dificuldades” (ibid., p. 116) para auxiliar o planejamento didático.

O artigo de Magina, Santos e Merlini (2014) trata do CC da matemática com foco nas estruturas multiplicativas. O objetivo é identificar os níveis de raciocínio obtidos por alunos ao enfrentarem situações-problema. O estudo é descritivo e foi feito com alunos de terceiro e quinto ano do ensino fundamental (86 do 3º ano e 89 do 5º ano). São analisadas as respostas a duas situações-problema e o trabalho divide estas respostas em quatro níveis de conceitualização, de “incompreensível” a “pensamento multiplicativo”, e os problemas em duas classes: “um para muitos” e “muitos para muitos”. O trabalho apresenta alguns aspectos de cada classe e como foram tratados os dados dentro delas, com recortes das resoluções de alguns alunos. Tanto na análise quantitativa quanto na qualitativa os alunos do quinto ano foram melhores nas resoluções de problemas. O destaque fica para as diferenças representacionais: no terceiro utilizaram mais representações pictóricas (informais) e, no quinto, as representações pictóricas aparecem em menor grau, usando mais representações formais. Entretanto, os que ainda utilizaram as representações pictóricas, em geral, obtiveram sucesso.

Figueiredo, Bellemain e Teles (2014) trabalham as concepções acerca do conceito de volume, no CC da matemática. O objetivo é de analisar a compreensão dos alunos de EM sobre o volume como grandeza. Foram utilizados um teste inicial e entrevistas posteriores, em um estudo exploratório, buscando os IOs evocados pelos alunos para a realização de três atividades. Participaram 51 alunos do terceiro ano do EM de escolas distintas, uma estadual, outra federal e outra particular. São apresentadas três situações-problema e o que se espera que os alunos reflitam a partir delas. Algumas comparações estatísticas são apresentadas, entre acertos e erros e algumas respostas são recortadas (com suas justificativas) para análise dos IOs. Segundo os autores, os alunos se saem melhor em situações-problema que envolvem uma comparação estática entre volumes e encontram dificuldades ao analisar as que envolvem comparações dinâmicas.

Otero, Arlego e Prodanoff (2015) realizam uma pesquisa abordando o CC da relatividade especial, cujo objetivo é contribuir para a confecção de uma SD viável a ser aplicada a estudantes do EM, partindo das concepções relativísticas de Galileu e chegando às de Einstein. A pesquisa teve caráter exploratório, qualitativo e etnográfico, com participação de 43 alunos do sexto ano da escola secundária argentina de duas turmas que trabalharam em pequenos grupos. As atividades eram recolhidas e escaneadas ao final das aulas para serem entregues novamente na aula seguinte e também foram usadas gravações para análise de dados. Os alunos encontraram dificuldades até a quinta situação-problema proposta e houve pouco avanço até esta etapa. Novas situações-problema foram designadas a fim de promover novos IOs e poder avançar no domínio do campo conceitual. Ao fim, os alunos compreenderam o que foi proposto, estando, segundo os autores, melhor preparados para futuramente compreenderem conceitos como dilatação e contração do tempo. O artigo parte de uma perspectiva da teoria como uma ferramenta de análise e não é feita uma conclusão sobre as perspectivas do uso da TCC em si, no sentido de verificar “se ela pôde ajudar”. Isso pode significar um reflexo da sua consolidação no meio acadêmico de ensino, visto os bons resultados que vêm sendo obtidos a partir do seu uso como ferramenta de análise e elaboração de seqüências didáticas.

Fanaro, Elgue e Otero (2016) trabalham com o CC da mecânica quântica, por meio do estudo da luz. O objetivo é desenvolver e analisar uma SD capaz de enfatizar conceitos de probabilidade, princípio da superposição e correspondência sem recorrer ao conceito de fóton (baseado no método dos caminhos múltiplos de Feynman), para tentar superar o obstáculo dos estudantes de permanecerem representando a luz composta por partículas com propriedades clássicas, como verificado em outros trabalhos. O estudo é realizado em quatro

fases, com quinze situações-problema ao todo para serem aplicadas com alunos (em grupo) do penúltimo ano da escola secundária, dando-os certa autonomia e levando aproximadamente vinte horas de atividades. A análise discute cada uma das situações-problema e os IOs prévios (de construção) e os que estão de acordo com as estruturas conceituais de referência que devem surgir em cada fase. A sequência teve quatro aplicações e o desempenho é tido como satisfatório, mas as autoras apontam algumas melhorias que podem ser feitas como, por exemplo, reformular algumas perguntas feitas no processo de mediação do professor.

Bravo e Pesa (2016) apresentam uma investigação com o CC da óptica, especificamente com conceitos de interferência e difração. Partindo das dificuldades observadas que os alunos têm em distinguir os limites da óptica geométrica e da ondulatória, as autoras têm o objetivo de ajudar os alunos a progredir no domínio deste campo, mas também que progridam em aspectos laboratoriais, envolvendo habilidades, ferramentas e análise de dados, que entendam a importância das experiências e desenvolvam habilidades de aprendizagem colaborativa. Os alunos, em pequenos grupos, dispõem de um guia básico para o início das atividades e o professor tem o papel de conduzi-los, acrescentando questões pertinentes de acordo com a relevância e o progresso de cada grupo. São utilizadas diversas ferramentas para identificar os níveis e o progresso da conceitualização dos alunos: teste inicial; dados em formato textual, gráficos e visual; gravações audiovisuais e anotações feitas pelo professor durante as atividades. O objetivo é propor uma SD para as aulas de laboratório que tratem do tema, além de analisar e de interpretar seus resultados. Participam em torno de 36 alunos de engenharia que cursam laboratório de Física III. As autoras identificam avanços nos esquemas de mais da metade dos alunos estudados.

O artigo de Mota e Rezende Jr. (2017) traz um estudo com o CC da astronomia, com o objetivo de discutir os resultados de uma modalidade ensino à distância com o uso da TCC. Participaram dezessete alunos dos três anos do EM com o ambiente virtual de aprendizagem *TelEduc*, de uma escola particular, durante sete semanas. São argumentadas as vantagens em potencial dos ambientes virtuais de aprendizagem, desde que com adequado planejamento. A análise dos dados é dividida em três etapas: pré-teste, material elaborado pelos alunos e pós-teste. O trabalho indica uma constatação de um aumento no repertório de esquema dos estudantes e enaltece a potencialidade da TCC como referencial teórico, pois a teoria indica que os recursos tecnológicos possibilitaram: aumento do repertório de esquemas, favorecimento de discussões sobre o conceito e constituição de uma forma de representação caracterizada como a utilização de diferentes linguagens fornecidas pelo meio digital. Segundo os autores, essas linguagens são, por exemplo, as imagens, os movimentos adquiridos pelos objetos dependendo dos valores inseridos e a dinâmica aplicada ao movimento das animações (ibid.).

Pereira e Oliveira (2018) apresentam uma análise envolvendo o CC de vetores em álgebra linear. O objetivo do trabalho é identificar lacunas na conceitualização de vetores por parte dos alunos que podem ter reflexo nos grandes obstáculos encontrados na disciplina de álgebra linear. A análise se dá por meio de uma atividade com oito alunos do curso de licenciatura em matemática que ainda não tiveram o conteúdo de espaços vetoriais, mas já fizeram disciplinas consideradas como pré-requisitos. Foram utilizadas duas aulas de cinquenta minutos. Os autores explicitam alguns IOs classificados como teoremas e conceitos-em-ação científicos e utiliza-os como parâmetro para avaliar qualitativamente as representações dos alunos. De acordo ainda com os autores, é possível identificar aprendizagem por parte dos alunos, mas carece-se de diversidade de situações-problema para melhor estabilidade dos conceitos. Sugere-se maior atenção ao conceito (prévio) de vetor antes de prosseguir com o de espaço vetorial.

Rúa, Zapata e Ríos (2019) produzem um trabalho com o CC de ondas sonoras com o objetivo de analisar a evolução dos esquemas dos alunos em questões que envolvem experimentação, teoria e prática, conceitos epistemológicos sobre a visão da construção do conhecimento científico e o uso de ferramentas tecnológicas em atividades experimentais. Trata-se da análise da aplicação de uma SD de seis horas semanais, feita durante quatro semanas com vinte futuros professores em uma disciplina de Física II. No entanto, são selecionados apenas nove alunos para análise dos IOs, pois foram os que estiveram presentes na totalidade das atividades. Para a coleta de dados foram usados diários de classe, observação dos estudantes, anotações feitas por eles e entrevistas semiestruturadas. Três teoremas-em-ação são elencados e verifica-se a proximidade dos IOs dos nove alunos com estes teoremas ao longo de onze situações-problema, divididas em três etapas. Os autores ressaltam a importância das situações-problema inovadoras que incluem tarefas que estimulam diferentes processos cognitivos, favorecendo a evolução dos IOs, além de uma menção à importância dos processos epistemológicos que envolvem o conhecimento científico.

Tipo 1.2: Sequências didáticas com múltiplo referencial teórico

Para esta seção, como na primeira, os recortes são feitos seguindo a ordem: autores; área do conhecimento (CC/assunto/conteúdo); objetivo; materiais/forma/recursos da aplicação da SD, ou situação-problema, ou tarefas; duração; público-alvo (série/ano, quantidade); como a TCC é usada, fica claro?; resultados e conclusões (de forma bastante sucinta, como são utilizadas as representações simbólicas, teoremas e conceitos-em-ação); qual é o referencial teórico aliado?; é facilmente reproduzível?

Krey e Moreira abordam o CC da física moderna e contemporânea em um projeto com o objetivo de promover a aprendizagem significativa, de futuros docentes, dos conteúdos do CC de física moderna e contemporânea para que se sintam aptos a uma transposição didática quando exercerem suas futuras profissões. Esse projeto considera que tais conteúdos costumam ser negligenciados no EM e, também, que a forma como costumam ser lecionados na graduação não parece fornecer ferramentas suficientes ao objetivo de superar essa realidade. Trazem (KREY e MOREIRA, 2009), assim, os resultados sobre os estudos acerca do CC de radiação e introdução à física nuclear. Os alunos são estimulados a exercerem a atividade docente durante a intervenção didática numa disciplina de Estrutura da Matéria, com uma turma de licenciatura em ciências. Após aulas introdutórias expositivas, eles deveriam elaborar microaulas com enfoque nas situações-problema e apresentá-las aos demais alunos, envolvendo tópicos sorteados. Em seguida, uma aula foi utilizada para avaliação do conteúdo e, ao todo, a SD levou 32 horas. Os autores comparam os resultados com os de uma turma que teve como metodologia o ensino tradicional no ano anterior. São explicitados alguns possíveis IOs coerentes e incoerentes identificados nos alunos, discutidos os critérios de avaliação das apresentações das microaulas e a receptividade dos alunos quanto à metodologia. Os alunos apresentaram uma evolução na aprendizagem significativa em relação aos do período letivo anterior, apresentaram maior interesse em participar da disciplina e os autores acreditam que este fato pode contribuir para que reapliquem a metodologia no EM, com as devidas adaptações, quando forem docentes.

Toigo, Costa e Moreira (2010) trabalham com o CC da biomecânica tendo como objetivo investigar as dificuldades na resolução de problemas por alunos da graduação do curso de Educação Física, analisando a aplicação de diversas situações-problema extraídas de livros, ao longo de um semestre na disciplina de Biomecânica. Participam, então, trinta alunos de graduação de duas turmas, uma em um total de dezessete encontros e outra totalizando dezesseis encontros de quatro horas semanais. São utilizadas aulas expositivas, reprodutores de mídia, listas de exercícios (retiradas de livros), atividades individuais ou em duplas, transcrições de algumas discussões e avaliações. Vergnaud é usado aliado a outros referenciais para caracterizar as dificuldades de conceitualização enfrentadas pelos alunos, mas não

aparecem explicitamente os IOs. O artigo não possui uma seção de referencial/marco teórico, o que, segundo os autores, é devido ao tipo de investigação ao qual se propõe (que é definida apenas como investigação qualitativa), portanto é difícil identificar com clareza quais são as teorias aliadas, mas destaca-se também os conceitos da aprendizagem significativa de Ausubel. Muitos alunos tiveram dificuldades na interpretação das variáveis utilizadas nos problemas, envolvendo dificuldades conceituais e procedimentais. Os autores apontam para a necessidade de buscar outras estratégias para o ensino da matéria.

O artigo de Pantoja, Moreira e Herscovitz (2012) aborda, dentro do CC da mecânica quântica, os conceitos de sistemas físicos, variáveis dinâmicas, estado de um sistema físico e evolução temporal. O objetivo está na formação dos professores e que isso possa refletir ao ministrarem suas aulas no EM. O trabalho foi realizado em doze horas, com seis alunos de um Mestrado Profissional em Ensino de Física e, em geral, as discussões envolvem três situações-problema de física: o experimento de Stern-Gerlach, o átomo de hidrogênio e a molécula de amônia. A SD é elaborada com base na TCC e, principalmente, na Aprendizagem Significativa de Ausubel. Os dados são analisados, discutidos e são expostos alguns IOs. São utilizados problemas de papel e lápis, mapas conceituais, notas de aula e entrevista semiestruturada. Após a análise das discussões com os alunos, os autores indicam que pelo menos quatro dos seis alcançaram algum tipo de Aprendizagem Significativa e apontam para reflexões sobre a importância de alguns aspectos previstos pela TCC e pelo proposto pela teoria de Ausubel, tais como o papel das situações-problema, da negociação dos significados e das recursividades.

Rocha, Herscovitz e Moreira (2014) tratam, também, do campo da mecânica quântica em um artigo que apresenta um projeto de 24 horas-aula com o intuito de utilizar o experimento de Stern-Gerlach como situação-problema com 226 alunos do primeiro e terceiro ano do EM em escolas da rede pública. Utilizou-se a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel como referencial aliado à TCC. Os resultados encontrados são provenientes de dados coletados nas respostas dos alunos aos problemas propostos com as situações-problema durante a aplicação da sequência didática. O artigo relata resultados satisfatórios referentes à utilização do experimento de Stern-Gerlach como situação-problema, considerando-a ideal, justificando que os alunos obtiveram uma boa porcentagem de acerto ou quase acerto nos testes, após o desenvolvimento do conteúdo.

Parisoto, Moreira e Killian (2016) trabalham o CC da termodinâmica, aliando vários referenciais para a pesquisa: Vergnaud, com as situações-problema, Moreira, com unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS), Rogers, com método de projetos e a aprendizagem significativa de Ausubel. O objetivo é verificar, de maneira quantitativa, se a aprendizagem ocorre mais significativamente para alunos que são sujeitos à modalidade de projetos visando dar mais sentido aos significados físicos do CC para estudantes de Engenharia, matriculados em uma disciplina de Termodinâmica. Ao todo, a pesquisa envolveu três turmas e 148 alunos que foram até o final do semestre, sendo 80 alunos no grupo experimental, que tiveram o modelo diferenciado de aula, e 68 alunos no grupo controle, que tiveram aulas expositivas seguidas de resolução de problemas. Os autores apresentam a SD que constitui a intervenção feita e os testes utilizados. Após analisar os resultados com recursos estatísticos, pôde-se concluir que os alunos que fizeram parte da intervenção apresentaram melhores resultados, apontando para uma aprendizagem significativa.

Pantoja e Moreira (2017) trazem um estudo que trabalha o CC de campo em física, com conceitos como carga de origem, carga de teste, campo, força, fluxo e circulação. O objetivo é descrever os resultados de uma proposta didática baseada na UEPS. Apesar da TCC fazer parte dos referenciais teóricos que fundamentam a UEPS, nem sempre há tanto enfoque em sua teoria, mas este trabalho traz significativa ênfase nas discussões envolvendo os IOs dos alunos. Ao todo a SD levou seis aulas de cem minutos cada e mais uma aula para uma avaliação final, com participação de dezoito estudantes de graduação em uma disciplina de

física sobre Eletromagnetismo. Foram utilizados problemas de lápis e papel, incluindo mapas mentais para serem obtidas as representações dos alunos e as análises consistem em discutir os possíveis IOs e modelos mentais, baseados em Johnson-Laird, em conjuntos e em cada tarefa. Além das conclusões acerca da aprendizagem significativa dos alunos que, em geral, pôde ser obtida pela maioria, com uma minoria indicando permanecer com uma aprendizagem insuficiente, os autores vão além e fazem reflexões sobre a possibilidade de se repensar o currículo das disciplinas e tópicos de física tomando a UEPS como ferramenta.

Pantoja e Moreira (2019b) trabalham o CC de campo magnético com o objetivo de investigar as formas de conceitualização de alunos de ensino superior, de universidades distintas, frente a problemas potencialmente significativos. Desta forma, os autores também trabalham com as UEPS preservando significativa ênfase nos IOs e na TCC. Ao todo a SD possui doze aulas de uma hora e quarenta minutos (60% do tempo de aula foi previsto para atividade de resolução de problemas). A investigação foi feita com alunos de disciplinas de Física III de uma universidade do Sul (dezessete alunos) e outra do Norte (onze alunos) do Brasil. Foram utilizadas resoluções de lápis e papel, mapas conceituais e registros de anotações de campo, com problemas clássicos do livro-texto, problemas abertos, atividades de modelagem e outros. A TCC aparece como ferramenta que subsidia as classes de situações-problema com os respectivos IOs, que podem ser evocados pelos alunos durante a realização das tarefas, e regras de ação. Após comparar os dados dos dois estudos, observa-se progresso no sentido de se obter indícios de ter havido aprendizagem significativa pelos estudantes, no sentido ausubeliano e, além disso, os autores sugerem melhorias para futuros estudos.

Brandão, Araújo e Veit (2019) trazem um trabalho sobre o CC da modelagem didático-científica. O objetivo é investigar as dificuldades e os avanços na conceitualização do real em Física nas tarefas e os IOs explicitados pelos alunos em tarefas de modelagem didático-científica, com ênfase em modelagem computacional. A investigação se deu em uma disciplina de Tecnologia de Informação e Comunicação II, durante um semestre (64 horas-aula), em um mestrado profissional em ensino. Todos os oito alunos que participaram da investigação possuíam formação plena em Licenciatura em Física. Para este estudo foram utilizados dados coletados a partir de registros escritos, interações verbais, gravações, entrevistas individuais e observação geral. São apresentados e discutidos diversos IOs ao longo do artigo com relação aos conceitos de idealização, aproximação, referente, variável, parâmetro, domínio de validade, grau de precisão, expansão e generalização (ibid., p. 92). Assim como os outros trabalhos dos autores, este também envolve a colaboração das contribuições filosóficas de Mario Bunge sobre modelagem científica e da teoria de aprendizagem de Vergnaud, com a TCC.

Tipo 1.3: Teoria dos Campos Conceituais sem seqüências didáticas

Nesta categoria, a diversidade de utilizações da TCC começa a se ampliar bastante, portanto os critérios de asserções sobre os trabalhos tonam-se ainda mais flexíveis. O foco, aqui, será citar os autores, a área do conhecimento, o objetivo do artigo e como aparece a TCC nele (mais especificamente, qual a relação ou em qual contexto aparecem os IOs).

Catalán, Sahelices e Moreira (2009) trabalham com a análise de livros didáticos, utilizando o conceito de CC para se referirem ao conjunto de informações analisado em três livros comumente utilizados em cursos de graduação que envolvem o ensino de física: Resnick (edição de 1982), Serway (edição de 1992) e Sears (edição de 1999). O CC em questão é o Eletromagnetismo e os livros são divididos em três grandes eixos de discussão, estipulados pelos próprios autores: interações (força de Lorentz); fontes de campo magnético (cargas em movimento); indução eletromagnética. Este trabalho não tem relação direta com IOs, mas se percebe que o conceito influencia a pesquisa, já que uma das preocupações dos autores é a relação entre a forma que os conceitos são apresentados e a possível influência desses livros

no domínio progressivo dos CCs, por parte dos alunos, para que se possam elaborar situações-problema complementares que auxiliem na construção de significados e nas suas representações simbólicas.

Brandão, Araujo e Veit (2011) buscam defender a tese de que a modelagem científica se caracteriza por ser um CC subjacente a outros dentro da Física. O referencial epistemológico de Mario Bunge é utilizado para trazer a perspectiva de modelagem científica como sendo um CC. A TCC aparece no contexto de discutir as implicações didáticas relacionadas à defesa desta tese e, inclusive, os autores chegam a sugerir alguns IOs que possivelmente são colocados em uso durante o processo de modelagem científica. Este trabalho serve de base para trabalhos posteriores, inclusive dos mesmos autores, como Brandão, Araujo e Veit (2014), que não será detalhado aqui, pois faz parte de outras revisões, mas que, em suma, traz um estudo de caso, exploratório, sobre a concepção de modelagem científica a partir das definições dadas pelos autores.

Figuerola e Otero (2011) trazem um trabalho com contribuições sobre alguns aspectos centrais da TCC, com destaque para o CC da matemática. A elaboração ocorre com desenvolvimentos sobre conceito, CC, situações e esquemas, forma predicativa e operatória do conhecimento e vinculam exemplos do CC da matemática, desenvolvendo, ainda, vínculos com a didática. Os IOs aparecem quando as autoras fazem as asserções sobre esquemas e situações e, apesar de haver reflexões sobre algumas tarefas tratando de funções exponenciais e logarítmicas, elas não ocupam o papel central no artigo.

O trabalho de Santana, Alves e Nunes (2015) trata da formação continuada de professoras em um estudo que durou oito meses com o objetivo de analisar reflexões feitas por quatro professoras que utilizaram a TCC em sala de aula com seus alunos, dando ênfase nas estruturas aditivas dos anos iniciais. No entanto, o enfoque não é analisar tais estruturas, mas sim as percepções das professoras em formação continuada sobre a TCC, colocando-as como centrais na investigação. Três das professoras possuem mais de vinte anos de docência e uma delas tem três anos de experiência. Com a TCC, as autoras encontram formas de lidar com o planejamento de ações pedagógicas, com as práticas de ensino e com os processos avaliativos. A partir de uma postura reflexiva, foi observada uma preocupação em serem melhoradas as práticas de ensino que até então vinham sido adotadas.

Etcheverria, Campos e Silva (2015) trazem parte de uma pesquisa de doutorado que trabalha o CC das estruturas aditivas com professores da educação básica. Participaram também do projeto, de forma indireta, 248 estudantes entre segundo e quinto ano de 11 turmas do Ensino Fundamental. Foram analisados problemas elaborados pelas professoras e problemas propostos por livros didáticos. A TCC foi apresentada às professoras a fim de atualizar suas metodologias acerca do ensino de matemática e para que trouxessem suas reflexões sobre o uso da TCC no contexto da aplicação escolar. O trabalho aborda os problemas de forma qualitativa, tanto os elaborados pelos professores como os trazidos por um livro didático, dividindo-os entre categorias de composição, transformação e comparação, visando a variação de situações-problema. Não fica explícita uma abordagem de IOs, apenas reflexões sobre as respostas às questões elaboradas. O resultado é que as professoras, ao final da pesquisa, passaram a dividir de forma mais equilibrada os problemas, entre as três categorias citadas anteriormente, e notou-se uma evolução progressiva do resultado dos alunos em avaliações.

No trabalho de Fernandes et al. (2015) é utilizada a teoria de Vergnaud para a elaboração de situações-problema utilizadas em uma intervenção didática, aliando Vergnaud a Chevallard e Brousseau. O CC abordado pelos autores é o da matemática e o trabalho tem o objetivo de investigar os resultados da utilização de atividades diversas que envolvem o uso do corpo/movimento com 37 alunos, entre 7 e 12 anos, com dificuldade de aprendizado de uma escola privada. É trazida uma perspectiva aliada à neurociência sobre os processos de

aprendizagem, que concerne o caráter principal do artigo, e a TCC não configura um corpo teórico como em outros desta seção, mas os próprios autores destacam a importância do papel de Vergnaud neste trabalho. Os resultados da intervenção indicam que os alunos tiveram expressiva melhora na realização de testes avaliativos, o que reafirma a necessidade de se resgatar uma perspectiva de integralidade entre corpo e mente no processo de aprendizagem.

Heidemann, Araujo e Veit (2016) tratam novamente do CC da modelagem científica, relacionando com os trabalhos de Brandão, Araujo e Veit, objetivando colaborar com o papel das experimentações no processo de modelagem didático-científica. Os autores identificam que há uma lacuna no que tange conceitos e IOs envolvendo o fazer experimental no trabalho em que se apoiam, as quais buscam preencher. Tratam, também, da modelagem científica em uma análise aliada a Mario Bunge e reforçam que o meio acadêmico considere a modelagem científica como um campo conceitual subjacente a campos específicos da Física.

Rezende et al. (2019) trabalham o CC das estruturas aditivas por meio de uma análise dos problemas de uma coleção de livros para o ensino Fundamental I, classificando-os de acordo com as categorias: de composição, de transformação, de comparação, composição de transformações, transformação de composição e comparação com composição de transformação. Os autores também apresentam estruturas que indicam que a TCC foi usada na construção do manual do professor para os livros didáticos.

Pantoja e Moreira (2019a) trazem um estudo com o CC da eletrostática com o objetivo de construir uma classe de situações-problema que caracteriza o CC do conceito de eletrostática. Após a análise dessas situações-problema, caracterizando-as de acordo com a relação entre variáveis, parâmetros e objetos das situações-problema com as operações de pensamento, significados e representações de suas resoluções, obteve-se quatro grandes classes de situações: descrição de interações elétricas, representação simbólica do campo elétrico, representação analógica do campo elétrico e cálculo do campo elétrico. Os autores ressaltam que o trabalho não visa ser uma “receita de bolo” envolvendo o campo da eletrostática, mas sim uma referência de análise que auxilie os professores na orientação do ensino, respeitando o nível que é proposto.

Tipo 2: Teoria dos Campos Conceituais como complementar

Nesta seção são apresentados os autores, o objetivo do artigo e em qual contexto aparece a TCC ou o Vergnaud, podendo haver novamente flexibilidade nestas descrições. Para compor esta categoria em especial, é importante ressaltar que alguns artigos foram descartados, pois apesar de incluir alguns que apenas citam Vergnaud, tentamos priorizar aqueles que dizem se utilizar da TCC para fundamentar a pesquisa, mesmo que tenha aparecido pouco, mas de forma explícita. Aqueles que apenas utilizaram da conveniência e citaram trechos muito sucintos da TCC foram descartados, bem como trabalhos que apenas citam trechos de artigos de Vergnaud.

O artigo de Fanaro e Otero (2008) apresenta os resultados de uma SD aplicada, cujo conteúdo concerne ao ensino de Mecânica Quântica. Apesar de haver citações do Vergnaud no artigo, com o intuito de informar que este autor integra o escopo de referencial teórico sobre a ideia de estrutura cognitiva, o termo CC aparece apenas uma vez e não são tratados explicitamente de IOs.

Abrangendo os conceitos de modelo molecular, Raupp et al. (2010) elaboram uma atividade extracurricular de vinte horas para dez alunos do quarto ano de técnico em Química com o uso de softwares para construção de modelo molecular. A TCC é mencionada para complementar outras teorias dentro do que os autores utilizam como Teoria da Mediação Cognitiva que visa “sintetizar as principais expectativas oriundas da Epistemologia Genética, da Teoria dos Campos Conceituais, do Sócio-Construtivismo e da Teoria Triárquica” (ibid.). Não foram explicitados IOs no artigo.

Carvalho, Campos e Monteiro (2011) trazem um estudo com o CC da matemática abordando conceitos de interpretações de gráficos. Os autores analisam dois estudos feitos com um total de 270 alunos de 11 a 14 anos sobre interpretações de gráficos de linha com proporções diretas e inversas. Os autores informam que fazem a análise dos estudos com base na TCC, só que a teoria acaba pouco explorada de forma explícita ao longo da análise, apresentando majoritariamente uma análise estatística no trabalho. Não aparecem, por exemplo, termos como IOs e conceitos e teoremas-em-ação. Apesar do artigo ser de 2011, a única citação de Vergnaud é de 1983, o que pode explicar a pouca ênfase em conceitos mais elaborados da TCC.

As autoras Arriasseq e Greca (2012) trabalham o CC da relatividade especial com alunos do EM em uma abordagem contextualizada historicamente e epistemologicamente feita em oito etapas, quase todas de duas horas, além do tempo de dedicação extraclasse dos alunos. Avaliou-se a evolução dos alunos durante todo o processo com pré-teste, pós teste e atividades de mapas conceituais e de histórias em quadrinhos. A TCC aparece como fundamentação para o planejamento didático, mas não são explicitados IOs. A proposta didática é, no entanto, considerada frutífera e com potencial motivacional, pois viabiliza o ensino de Física Moderna no EM, mesmo com os atuais desafios como pouco material e tempo, desde que não seja deixado apenas para o final do período letivo.

Em um material desenvolvido com professores do EM, Custódio, Clement e Ferreira (2012) abordam a resolução de problemas em um trabalho que separa e categoriza como os professores organizam atividades de resolução de problemas, o que eles acreditam e qual a extensão de suas crenças sobre o processo todo de desenvolvimento, aplicação e avaliação. Vergnaud é citado brevemente no artigo para justificar que a variedade de situações-problema é que dão sentido aos conceitos e o termo "campo(s) conceitual(is)" é citado outras vezes pelos autores.

Lacolla, Villagrà e Valeiras (2014) trazem uma investigação com ênfase na Teoria das Representações Sociais e que visa analisar as mudanças ocorridas nas representações de reações químicas. Os autores mostram que representações, socialmente compartilhadas, interferem na construção do CC de transformações químicas, ou seja, interferem no processo de aprendizagem. Vergnaud é citado para se referir às transformações químicas como um CC, mas a abordagem dos níveis de representação é feita a partir de outro referencial ligado às representações sociais.

Reyes-Gasperini e Ricardo (2014) buscam construir uma unidade de análise sócio-epistêmica com o objetivo de fornecer um material para a profissionalização de professores de matemática a partir da problematização do saber matemático. O material desenvolvido é dividido em dimensão epistêmica, cognitiva e didática, sendo que a TCC fundamenta a dimensão cognitiva. A TCC é citada, mas pouco é realmente apresentado no material.

Nos mesmos moldes da UEPS, Parisoto, Moreira e Dröse (2014) abordam, em forma de projeto, assuntos do CC da Termodinâmica com alunos de graduação em Engenharia na disciplina de Física Geral II. Ao final, o artigo sugere um estudo continuado acerca da aplicação da SD, fazendo a pergunta: "quais são os invariantes operatórios dos alunos na área abrangida pela proposta?". Isso torna evidente que também não foram explicitados IOs, mas que a TCC é parte integrante da preocupação dos autores.

Em um trabalho de Schittler e Moreira (2015), temas de Física Moderna e Contemporânea são abordados em uma SD desenvolvida com alunos da primeira série do EM em uma escola pública. O projeto foi realizado em duas etapas, com participação de 32 alunos na primeira e 15 na segunda, com um período de dez meses entre a aplicação do projeto piloto e do segundo teste para verificação de aprendizagem significativa. A aplicação do projeto totalizou dezesseis horas-aula e foi embasada em UEPS, o que implica na utilização da

TCC em sua elaboração. Há grande ênfase no conceito de aprendizagem significativa de Ausubel e a TCC é citada apenas uma vez.

Borba, Rocha e Azevedo (2015) trazem sistematizações sobre um conjunto de estudos conduzidos pelo grupo de estudos ao qual os autores pertencem, durante os cinco anos precedentes, sobre ensino e aprendizagem de análise combinatória e probabilidade na educação básica. São trazidos desde recursos didáticos até o que os alunos sabem e podem aprender nesse nível de ensino, bem como as percepções dos professores sobre esses conceitos. Vergnaud aparece como um dos referenciais teóricos que fundamentam as pesquisas do grupo, aparecendo nas investigações feitas nesses cinco anos, mas não são feitas considerações elaboradas sobre a TCC e/ou sobre IOs.

Parisoto et al. (2016) tratam do CC da física aplicado à medicina com alunos de graduação dos cursos de licenciatura em física e em um curso tecnólogo em radiologia. O material trata do conteúdo sob a perspectiva da aprendizagem significativa de Ausubel, cita Vergnaud como uma referência que se preocupa com a parte de conceitualização, mas não faz menção direta à TCC e nem mencionam IOs.

Anjos, Sahelices e Moreira (2017) trabalham mutuamente com o CC da Matemática, com funções e equações lineares, e da Física, com momento linear e sua conservação. O objetivo é identificar uma relação dialética entre a aprendizagem significativa desses dois campos (em que medida elas se beneficiam) e, para tal, os autores dividiram o estudo entre um trabalho exploratório e um de campo, sendo este referente ao de campo. Dividiram, também, os sujeitos em dois grupos, o primeiro com 67 alunos da segunda série do EM e o segundo com 30 professores, buscando identificar as concepções dos estudantes e professores sobre o ensino de Física, especificamente sobre o uso de equações matemáticas neste processo. Em seguida, são analisados os resultados de intervenções didáticas e, para isso, foram usados questionários diferentes entre professores e alunos, índices estatísticos e entrevistas. Os resultados obtidos não permitem afirmar que houve aprendizagem significativa e, nesse contexto, aparece a teoria de Vergnaud, especialmente para respaldar que o domínio de um CC leva considerável intervalo de tempo. Além de Vergnaud e Ausubel, os autores também usam Vygotsky como referencial teórico e há ainda menção às UEPS.

Heidemann, Araujo e Veit (2017) tratam do CC da modelagem didático-científica. Este CC também é um referencial teórico metodológico ao qual os autores se baseiam tanto para delinear quanto para avaliar as atividades de ensino com foco no desenvolvimento dos estudantes no CC da modelagem didático-científica. A abordagem é feita por meio de atividades experimentais abertas com cinco alunos em um curso de graduação em física, visando fornecer uma alternativa aos tradicionais modelos de aulas de laboratório com roteiros excessivamente dirigidos. A TCC é o que fundamenta o CC de modelagem didático-científica e é o pano de fundo da investigação. É analisado o desempenho de cada aluno com seus relatórios, mas não são explicitados IOs. Os autores concluem que houve pouco avanço nas concepções dos alunos a respeito dos conceitos de modelo e teoria de modelagem.

O trabalho de Alvarado (2017) refere-se ao uso de *Peer Instruction* com sessenta alunos de nível secundário com idade entre dezesseis e dezessete anos em uma escola equatoriana. O objetivo é trabalhar o conteúdo de Relatividade Especial de Einstein e a TCC aparece brevemente, trazendo para o trabalho os conceitos de concepção alternativa e de conceitos-em-ação e teoremas-em-ação.

Fanaro e Arlego (2018) apresentam uma proposta de SD, em construção, a ser aplicada em escola secundária sobre uma abordagem quântica da luz. Os autores baseiam-se na ideia de integral de caminho de Feynman e fazem a transposição com o auxílio de softwares para uma maneira de trabalhar os conceitos sem tanta complexidade matemática. Os autores informam que o referencial teórico de aprendizagem adotado é a teoria de Vergnaud, só que

isso aparece poucas vezes no material, estando implicitamente presente na forma como elaboram as situações-problema construídas a fim de promoverem a conceitualização.

Outra proposta de SD é apresentada por Escudero e Beatriz (2018) com enfoque no CC da gravitação, cujo objetivo é proporcionar uma SD aplicável às fases iniciais de cursos superiores como geofísica, geologia e física. Esta SD tem Ausubel e Vergnaud como fundamentos teóricos, além de uma perspectiva sócio-interacionista vygotskyana. A TCC aparece como aporte para as situações-problema propostas, com o aparecimento de considerações sobre o papel dos IOs. Este material poderia facilmente ser classificado como 1.2 nesta revisão, mas apesar de ser perceptível como a TCC influencia o modo como os autores pensam as situações-problema, Vergnaud é citado poucas vezes.

Uma síntese quantitativa

Para obter-se uma dimensão do impacto do uso da TCC no âmbito acadêmico e científico, sintetizamos os trabalhos mencionados nesta revisão na tabela 1 com a quantidade de publicações em cada revista no período analisado. Como é possível observar, há uma predominância dos artigos classificados como do tipo 1, representando 70% das publicações totais. Esse valor é importante para a nossa revisão, pois esta categoria é a que mais utiliza elementos da TCC para compor o referencial teórico. Apesar disso, a quantidade de publicações classificadas como do tipo 2 também possui sua importância, já que demonstra que a teoria de Vergnaud está presente de diversas maneiras nas investigações do processo de ensino-aprendizagem. Ainda que não haja tanto rigor na categoria do tipo 2 com os elementos centrais da TCC, vemos que há grande influência nos trabalhos, mesmo que implicitamente.

Tabela 1: Relação de quantidade de publicações por revista.

REVISTA (QUALIS)	Quantidade	Tipo 1.1	Tipo 1.2	Tipo 1.3	Tipo 2
Alexandria (A2)	1	1			
BOLEMA (A1)	10	5		2	3
CBEF (A2)	7	4		2	1
Ciência e Educação (A1)	3	2		1	
Enseñanza de las Ciencias (A1)	1				1
EENCI (B1)	2	2			
LAJPE (A2)	14	3	5	2	4
RBECT (A2)	3		1	1	1
RBEF (A1)	1	1			
REF (B1)	5	3			2
REEC (A2)	3				3
REIEC (A2)	2		1	1	
Science & Education (A1)	1				1
TOTAL	53	21	7	9	16

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na categoria 1 é possível observar 28 artigos classificados como 1.1 ou 1.2. Estas duas categorias são ainda mais relevantes porque, em sua maioria, há preocupação em se detectar os IOs dos alunos e analisar os resultados de SDs, podendo ser observado como a TCC vem

sendo aplicada, tanto quando usada como ferramenta de planejamento como para análise de didáticas de aula.

Há 27 publicações encontradas em revistas brasileiras, 14 em revista mexicana, 7 em revistas argentinas, 4 em revistas espanholas e uma em revista estadunidense. Com 15 contribuições, o autor com o maior número de publicações nesta revisão é Marco Antonio Moreira, referência brasileira no assunto e no referencial de aprendizagem significativa.

Sobre a quantidade de publicações por ano, tivemos um comportamento variado nos primeiros anos do nosso período de análise, mas que têm se mantido constante nos últimos anos, a exceção de 2020, em que não se encontrou qualquer publicação, conforme pode ser visto na figura 1. Supomos, no entanto, que as publicações na área de ensino de ciências possam ter sido prejudicadas pela pandemia causada pelo novo coronavírus neste ano. Em nossa revisão, a média geral de publicações ficou em torno de quatro trabalhos por ano, valor que consideramos significativo.

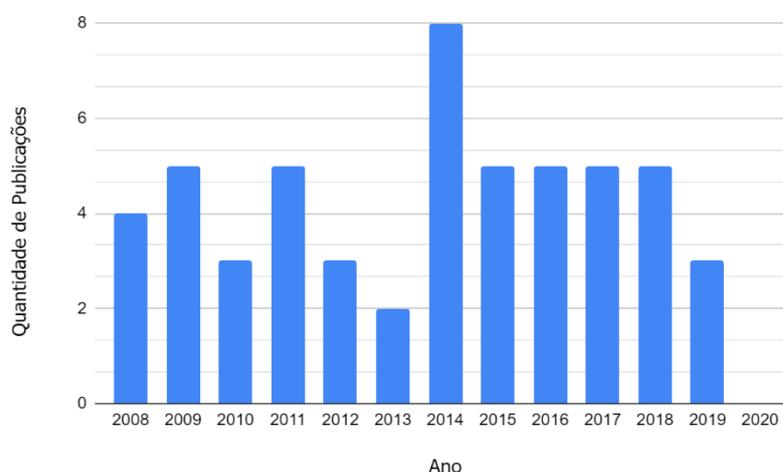


Figura 1: Quantidade de publicações por ano.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para verificar o impacto das publicações na sociedade e no meio acadêmico, propomos ainda analisar a quantidade de artigos com seus respectivos *Qualis*. De acordo com os dados encontrados, a contribuição é altamente relevante, pois a maioria dos artigos encontrados estão em revistas classificados com *Qualis* A1 ou A2 (87%), o que, por si só, pode ser considerado um dado satisfatório e mostra a relevância deste referencial teórico em publicações científicas.

Ademais, encontramos 29 artigos (55%) que trabalham o CC da física, 17 (32%) que trabalham com o CC da matemática, 4 (8%) com o da modelagem didático-científica, 3 (6%) com o da química, e 1 (2%) com o da biomecânica. Isso revela uma predominância nas publicações em Física e mesmo as que versam sobre modelagem didático-científica possuem ainda ênfase em modelos físicos e a de Biomecânica possui relações diretas com a Física. Optamos, no entanto, por contabilizar como CCs separados. À exceção de um único trabalho incluído tanto como sendo de Física quanto de Matemática, optamos por atribuir apenas um CC por artigo, mesmo em trabalhos multidisciplinares, conforme o CC de maior ênfase.

Dentro do CC da física, com predominância de publicações, temos o maior número de estudos ligados à física moderna (mecânica quântica, relatividade, física nuclear) com onze trabalhos. Há, ainda, estudos de mecânica clássica com seis trabalhos, eletromagnetismo com cinco, física térmica com três publicações e quatro artigos com quatro outras áreas de ênfase.

Sobre os níveis de ensino abrangidos pela nossa pesquisa, temos cinco trabalhos que contemplam o ensino fundamental, dezessete para o EM, um para a modalidade de Educação para Jovens e Adultos, um técnico, quinze trabalhos voltados para alunos de graduação, sete para pós-graduações (que inclui mestrado e formação continuada de professores) e outros sete trabalhos sem público-alvo explicitado. Ressaltamos que para o ensino fundamental tivemos apenas trabalhos no CC da matemática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acreditamos que os dados aqui sintetizados, as classificações, os recortes e as asserções feitos sobre os trabalhos publicados nos últimos anos que utilizam a TCC possam contribuir para a comunidade científica, visto que há uma vasta produção de materiais e não é simples encontrar perfis de publicação, dada a heterogeneidade da utilização da TCC. Visamos, no entanto, encontrar aspectos que contribuam com quem pretende usar a teoria de Vergnaud como referencial teórico de aprendizagem como parte integral ou parcial de sua pesquisa e evidenciar o impacto que ela vem tendo no meio acadêmico.

As sínteses de cada trabalho mostram como a TCC têm se reafirmado como uma poderosa ferramenta para o planejamento didático dos professores, especialmente nas questões que envolvem a elaboração de situações-problema que viabilizam a evolução conceitual dos alunos. Sua aplicabilidade tem tido sucessos nos mais diferentes níveis de ensino, bem como nos diferentes CC. A utilização da TCC parece ter evoluído de uma posição em que os professores ainda a analisavam como viável e/ou adequada para as suas investigações em sala de aula para uma postura em que avaliam as implicações do uso da TCC, o que indica sua consolidação e um amadurecimento do uso. A TCC parece também influenciar a postura do professor em sala de aula, convidando-os a assumir uma postura mediadora. Isso se torna visível quando os professores investigam os IOs evocados em dada situação-problema e tentam instigar os alunos em novas situações-problema, não com o intuito de contornar a antiga, mas sim de oferecer formas alternativas ao seu enfrentamento.

O uso da TCC também parece ter evoluído de estudos exploratórios, com preocupação na realização de investigação e análise de IOs obtidos por meio de resolução de tarefas, de lápis em papel, em uma única intervenção didática, em que se identificavam os níveis de conceitualização a partir destas representações, para estudos em que se analisa a evolução dos esquemas dos alunos no processo de conceitualização com maiores números de aula. A utilização da TCC tem tomado o rumo de subsidiar o planejamento, bem como a aplicação e análise de intervenções didáticas que duram períodos longos, como semanas ou períodos letivos inteiros. Este fator é importante porque, segundo o próprio Vergnaud, a conceitualização acontece com o enfrentamento de uma variedade de situações-problema que dão sentido aos conceitos e este processo é demorado.

Assim como apontado por Cunha e Ferreira (2020), encontramos poucos materiais tratando do uso da TCC no ensino fundamental e todos os encontrados eram concernentes à educação matemática. Vários fatores podem contribuir para essa observação: obstáculos na formação de professores da educação básica, que carregam visões limitadas sobre ciências; falta da elaboração de sistema de referência para as caracterizações do que seriam os CC adequados para cada disciplina de ciência que o currículo do ensino fundamental contém; quantidade majoritária de publicações em física que, pelo currículo escolar, tem-se apenas a partir do 9º ano; maior distanciamento epistêmico da matemática para as outras ciências, já que a TCC foi inicialmente concebida para o CC da matemática. Há, portanto, um vasto caminho a ser explorado nessa direção e a TCC parece ter consolidado grandes passos no CC da física e a se iniciar no da Química.

Quando aliada a outros referenciais teóricos, a TCC aparece predominantemente ao lado da Teoria de Aprendizagem Significativa do Ausubel. Em geral, o uso destas teorias parece subsidiar os professores de ferramentas para refletir criticamente sobre as situações-problema apresentadas aos alunos e que propiciam a aprendizagem significativa. Nesse sentido, o que Vergnaud chama de conceitualização parece ganhar o mesmo significado ou, pelo menos, se aproxima do significado de aprendizagem significativa e parte dessa relação se deve muito provavelmente ao trabalho de Vergnaud (2007). Outra aproximação é com a teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird, ocorrendo com mais frequência quando são tratadas considerações sobre o conceito de esquema. Destaca-se, ainda, a aproximação da TCC com as teorias epistêmicas de Mario Bunge sobre modelagem científica e que ocorreu para defender que a modelagem didático-científica configura um CC subjacente a outros campos em Física.

Há uma variedade grande de CC trabalhados nas áreas de conhecimento aqui abarcada. Na física, as investigações envolvem, predominantemente, o ensino de física moderna, inclusive no EM, o que é importante porque o ensino desta área do conhecimento costuma ser negligenciado neste nível de escolaridade. Ter uma ferramenta teórica de aprendizagem capaz de trazer resultados promissores aliada à demanda por estratégias de ensino de física moderna nesse nível de escolaridade traça caminhos para transformar esta realidade.

Por fim, acreditamos que esta revisão possa contribuir com a comunidade científica, pois abordamos aspectos de classificação de artigos que podem ajudar a situar os futuros pesquisadores sobre recentes trabalhos publicados com o uso da TCC. O conteúdo apresentado pode servir tanto para ensinar novas pesquisas quanto como consulta para aqueles que já trilham suas pesquisas. Muitos dos trabalhos classificados como do tipo 1.1 e 1.2 podem ser reproduzíveis, pois são proposições de SDs aplicadas e/ou analisadas, podendo ajudar os professores que buscam alternativas para trabalhar os variados conceitos e CC com seus alunos. Os classificados como 1.3 podem servir como referência para explorar novos horizontes de aplicabilidade da TCC, pois são trabalhos que exploram aspectos mais epistêmicos da teoria. Os trabalhos do tipo 2 não são bons para quem busca uma fundamentação acerca da TCC, mas revelam que ela permeia o pensamento e as estratégias didáticas dos pesquisadores, reafirmando a influência da teoria de Vergnaud.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos, e à FAPESC, pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVARADO, M. A. "Peer Instruction as a methodology to address the alternative conceptions in problem solving Einstein's special relativity", **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 11, n. 1, p. 9, 2017.

ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith; GEWANDSZNAJDER, Fernando. Revisão da Bibliografia. In: **O Método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa**. 2 ed. São Paulo: PIONEIRA, 2000. p. 179-203

ANJOS, A. J. S. dos, SAHELICES, C. C., MOREIRA, M. A. "A matemática nos processos de ensino e aprendizagem em Física: funções e equações no estudo da quantidade de movimento e sua conservação", **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 673–696, 8 dez. 2017. DOI: 10.5007/2175-7941.2017v34n3p673. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n3p673>.

ARRIASSECQ, I., GRECA, I. M. "A Teaching–Learning Sequence for the Special Relativity Theory at High School Level Historically and Epistemologically Contextualized", **Science & Education**, v. 21, n. 6, p. 827–851, 18 jun. 2012. DOI: 10.1007/s11191-010-9231-5. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11191-010-9231-5>.

BERTONI, N. E. "Construction of Knowledge about Fractional Number A Construção do Conhecimento sobre Número Fracionário", **Bolema - Boletim de Educação Matemática**, v. 21, n. 31, p. 209–237, 2008.

BORBA, R. E. de S. R., ROCHA, C. de A., AZEVEDO, J. "Estudos em Raciocínio Combinatório: investigações e práticas de ensino na Educação Básica", **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 29, n. 53, p. 1348–1368, dez. 2015. DOI: 10.1590/1980-4415v29n53a27. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-636X2015000301348&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.br/pdf/bolema/v29n53/1980-4415-bolema-29-53-1348.pdf.

BRANDÃO, R. V., ARAUJO, I. S., VEIT, E. A. "A estratégia da modelagem didático-científica para a conceitualização do real no ensino de física: um estudo de caso com professores de ensino médio", **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 1, p. 85–110, 27 maio 2019. DOI: 10.5007/1982-5153.2019v12n1p85. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2019v12n1p85>.

BRANDÃO, R. V., ARAUJO, I. S., VEIT, E. A. "A modelagem científica vista como um campo conceitual DOI: 10.5007/2175-7941.2011v28n3p507", **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 507–545, 2011. DOI: 10.5007/2175-7941.2011v28n3p507.

BRAVO, S., PESA, M. "Aprendizaje de óptica ondulatoria en un laboratorio de física para ingenierías Learning wave optics in a physics laboratory for engineering", **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 28, n. 2, p. 51–76, 2016. Disponível em: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/15812/15621>.

CARVALHO, L. M. T. L. De, CAMPOS, T. M. D. M., MONTEIRO, C. E. F. "Aspectos visuais e conceituais nas interpretações de gráficos de linhas por estudantes", **Bolema - Mathematics Education Bulletin**, v. 24, n. 40, p. 679–700, 2011.

CARVALHO JR., G. D. De, AGUIAR JR., O. "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.

CATALÁN, L., SAHELICES, C. C., MOREIRA, M. A. " Los libros de texto usados por los alumnos para el aprendizaje del campo conceptual de la inducción electromagnética", **Latin American Journal of Physics Education**, v. 3, n. 3, 2009.

CATALÁN, L., SAHELICES, C. C., MOREIRA, M. A. "Niveles de conceptualización en el campo conceptual de la Inducción electromagnética. Un estudio de caso", **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 4, n. 1, p. 126–142, 2010.

COHEN PANTOJA, G., MOREIRA, M. "A potentially meaningful teaching unit for the teaching of the concept of field in Physics", **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 11, n. 1, p. 2, 2017.

COHEN PANTOJA, G., MOREIRA, M. A., ELNECAVE HERSCOVITZ, V. "Implementation of a didactic proposal on fundamental concepts of quantum mechanics with students of a

professional master's degree in physics teaching.", **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 6, n. 4, p. 519–529, 2012. Disponível em: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ehh&AN=90555616&lang=es&site=ehost-live>.

CUNHA, K. M. A., FERREIRA, L. N. de A. "A Teoria dos Campos Conceituais e o Ensino de Ciências: Uma Revisão", **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 523–552, 2020. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2020u523552.

CUSTÓDIO, J., CLEMENT, L., FERREIRA, G. "Crenças de professores de física do ensino médio sobre atividades didáticas de resolução de problemas", **REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 11, n. 1, p. 225–252, 2012.

ESCUADERO ÁLVARO, C., MOREIRA, M., CABALLERO SAHELICES, M. "A research on undergraduate students' conceptualizations of physics notions related to non-sliding rotational motion", **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 3, n. 1, p. 1, 2009.

ESCUADERO, C., BEATRIZ, S. "Interacción gravitatoria en geociencias: actividades para su conceptualización", **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 30, n. 0, p. 287–295, 2018.

ESCUADERO, C., JAIME, E., GONZÁLEZ, S. "Un estudio sobre ideas variacionales a través de la resolución de problemas. El caso de la intensidad sonora", **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 26, n. 2, p. 109–119, 2014. Disponível em: www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/.

ETCHEVERRIA, T. C., CAMPOS, T. M. M., SILVA, A. F. G. "Campo Conceitual Aditivo: Um estudo com professoras dos anos iniciais do Ensino Fundamental", **Bolema - Mathematics Education Bulletin**, v. 29, n. 53, p. 1181–1200, 2015. DOI: 10.1590/1980-4415v29n53a19.

FANARO, A., ARLEGO, M. "Difracción de la luz desde un enfoque cuántico: una propuesta para la escuela secundaria", **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 30, n. 1, p. 63–74, 2018.

FANARO, M. D. L. A., ELGUE, M., OTERO, M. R. "Secuencia para enseñar conceptos acerca de la luz desde el enfoque de Feynman para la Mecánica Cuántica en la Escuela Secundaria: un análisis basado en la teoría de los campos conceptuales", **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 477, 8 set. 2016. DOI: 10.5007/2175-7941.2016v33n2p477. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n2p477>.

FANARO, M., OTERO, M. "Basics quantum mechanics teaching in secondary school: one conceptual structure based on paths integrals method", **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 2, n. 2, p. 103–112, 2008.

FANARO, M., OTERO, M. "Teoremas en acto y situaciones de Mecánica Cuántica en la Escuela Media", **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 3, n. 2, p. 19, 2009.

FERNANDES, C. T., MUNIZ, C. A., MOURÃO-CARVALHAL, M. I., *et al.* "Possibilidades de aprendizagem: reflexões sobre neurociência do aprendizado, motricidade e dificuldades de aprendizagem em cálculo em escolares entre sete e 12 anos", **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 21, n. 2, p. 395–416, 2015. DOI: 10.1590/1516-731320150020009.

FIGUEIREDO, A. P. N. B., BELLEMAIN, P. M. B., TELES, R. A. de M. "Grandeza Volume: um estudo exploratório sobre como alunos do ensino médio lidam com situações de comparação", **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 28, n. 50, p. 1172–1192, dez. 2014. DOI:

10.1590/1980-4415v28n50a09. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-636X2014000301172&lng=pt&tlng=pt.

FIOREZE, L. A., BARONE, D., BASSO, M. "Análise da Construção dos Conceitos de Proporcionalidade com a Utilização do Software Geoplano Virtual", **Ciência e Educação**, v. 19, p. 267–278, 2013.

GONZÁLEZ, S. B., ESCUDERO, C. "Las Unidades En Problemas De Física Para Escuela Secundaria ", **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, p. 460–477, 2009.

HEIDEMANN, L. A., ARAUJO, I. S., VEIT, E. A. "Um estudo de caso explanatório sobre o desenvolvimento de atividades experimentais com enfoque no processo de modelagem científica para o ensino de física", **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 3, p. 379–405, 2017. DOI: 10.3895/rbect.v10n3.5672.

KREY, I., MOREIRA, M. A. "Abordando tópicos de Física Nuclear e Radiação em uma disciplina de Estrutura da Matéria do currículo de licenciatura em ciências através de situações-problema", **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 3, n. 3, p. 16, 2009.

LACOLLA, L., VILLAGRÁ, J. A. M., VALEIRAS, N. "Chemical reactions and social representations of students", **Ensenanza de las Ciencias**, v. 32, n. 3, p. 89–109, 2014. DOI: 10.5565/rev/ensciencias.1010.

MAGINA, S. M. P., CAMPOS, T. M. M. "A Fração nas Perspectivas do Professor e do Aluno dos Dois Primeiros Ciclos do Ensino Fundamental", **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 1, n. 31, p. 23–40, 2008.

MAGINA, S. M. P., SANTOS, A. dos, MERLINI, V. L. "O raciocínio de estudantes do Ensino Fundamental na resolução de situações das estruturas multiplicativas", **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 20, n. 2, p. 517–533, abr. 2014. DOI: 10.1590/1516-73132014000200016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132014000200017&lng=pt&tlng=pt.

MARQUES, M., GUIMARÃES, G., GITIRANA, V. "Compreensões de alunos e professores sobre média aritmética", **Bolema - Mathematics Education Bulletin**, v. 24, n. 40, p. 725–745, 2011.

MOREIRA, M. A. "A Teoria Dos Campos Conceituais De Vergnaud, O Ensino De Ciências E A Pesquisa Nesta Área (Vergnaud's Conceptual Field Theory, Science Education, And Research In This Area)", **Investigações em Ensino de Ciências-V7**, v. 7, n. 1, p. 7–29, 2002.

MOTA, A. T., REZENDE JR, M. F. "As contribuições das tecnologias da informação e comunicação em um curso de Astronomia a distância: uma análise à luz da Teoria dos Campos Conceituais", **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 971–996, 8 dez. 2017. DOI: 10.5007/2175-7941.2017v34n3p971. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n3p971>.

OTERO, M. R., ARLEGO, M., PRODANOFF, F. "Design, analysis and reformulation of a didactic sequence for teaching the special theory of relativity in high school", **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 3401-1-3401–10, set. 2015. DOI: 10.1590/S1806-11173731891. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172015000300401&lng=en&tlng=en.

PANTOJA, G. C., MOREIRA, M. A. "Classificação de problemas em eletrostática: uma análise epistemológica rumo à construção de um campo conceitual para o conceito de campo eletrostático", **Latin-American Journal of Physics Education**, v.13, n.4, 2019a.

PANTOJA, G. C., MOREIRA, M. A. "Investigando a implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre o conceito de Campo Magnético em disciplinas de Física Geral", **Revista electrónica de investigación en educación en ciencias**, v. 14, n. 2, p. 01–17, 2019b.

PARISOTO, M. F., MOREIRA, M. A., KILLIAN, A. S. "Efeito da aprendizagem baseada no Método de Projetos e na Unidade de Ensino Potencialmente Significativa na retenção do conhecimento: uma análise quantitativa", **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 268–292, 2016. DOI: 10.3895/rbect.v9n2.2110.

PARISOTO, M., MOREIRA, M., DRÖSE, B. "Integrating didactical strategies to facilitate meaningful learning in introductory college physics.", **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 8, n. 4, p. 21, 2014.

PEREIRA, R. A. A., OLIVEIRA, S. R. de. "O Conceito De Vetor Para O Ensino E Aprendizagem Da Álgebra Linear: Um Olhar Pela Teoria Dos Campos Conceituais De Vergnaud", **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 4, p. 90–112, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n3p971>.

RAUPP, D., SERRANO, A., COSTA MARTINS, T., *et al.* "Uso de um software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica: um estudo de caso baseado na teoria de mediação cognitiva.", **REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 9, n. 1, p. 18–34, 2010.

REYES-GASPERINI, D., CANTORAL, R. "Socioepistemología y empoderamiento: la profesionalización docente desde la problematización del saber matemático", **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 28, n. 48, p. 360–382, 2014. DOI: 10.1590/1980-4415v28n48a18.

REZENDE, V., ANTUNES, V. H. R. B., DE AGUIAR, F. J., *et al.* "Problemas de adição e subtração em livros didáticos de matemática dos anos iniciais: uma análise à luz da teoria dos campos conceituais", **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 2, p. 308–330, 2019. DOI: 10.3895/rbect.v12n1.8189.

ROCHA, C. R., ELNECAVE HERSCOVITZ, V., MOREIRA, M. A. "The Stern-Gerlach experiment as a problem-situation to the learning of concepts and principles of quantum mechanics in secondary school.", **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 8, n. 4, p. 20, 2014.

RÚA, D. P., ZAPATA, M. E. C., RÍOS, S. L. "Evolución de los esquemas en futuros maestros de ciencias naturales a partir de una actividad experimental sobre ondas sonoras", **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 31, p. 569–577, 2019.

SANTANA, E., ALVES, A. A., NUNES, C. B. "A Teoria dos Campos Conceituais num Processo de Formação Continuada de Professores", **Bolema - Mathematics Education Bulletin**, v. 29, n. 53, p. 1162–1180, 2015. DOI: 10.1590/1980-4415v29n53a18.

SCHEFFLER, G., DEL PINO, J. "A teoria dos campos conceituais de Vergnaud e o ensino de radioatividade", **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 1, p. 29–46, 2013.

SCHITTLER, D. "Laser de rubi: uma abordagem baseada em unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS)", **Latin-American Journal of Physics Education**, p. 181, 2015.

SIMONE QUEIROZ, M. L. "A Aprendizagem de Matemática por Alunos Adolescentes na Modalidade Educação de Jovens e Adultos: analisando as dificuldades na resolução de problemas de estrutura aditiva.", **Boletim de Educação Matemática**, v. 24, n. 38, p. 76–96, 2011.

SUREDA FIGUEROA, P., OTERO, M. "Nociones fundamentales de la Teoría de los Campos Conceptuales", **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 6, n. 1, p. 1–14, 2011.

TOIGO, A. M., SALVADOR, S., MOREIRA, A. "Dificultades de alumnos de una Diplomatura en Educación Física en la resolución de problemas tipo de cinética y cinemática en una asignatura de Biomecánica", **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 4, n. 3, p. 635–648, 2010.

VERGNAUD, G. "¿En Qué Sentido La Teoría De Los Campos Conceptuales Puede Ayudarnos Para Facilitar Aprendizaje Significativo?", **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 2, p. 285–302, 2007.

VERGNAUD, G. "Cognitive and Developmental Psychology and Research in Mathematics Education: Some Theoretical and Methodological Issues", **For the Learning of Mathematics**, v. 3, n. 2, p. 31–41, 1982. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/40248130>. Acesso em: 26 out. 2020.

VERGNAUD, G. "FORME OPERATOIRE ET FORME PREDICATIVE DE LA CONNAISSANCE", **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 2, p. 287–304, 2012. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/187/127>.

VERGNAUD, G. "La théorie des champs conceptuels", **Recherches en Didactique des Mathématiques**, 1990.