



**TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS, DIVERSIDADE REPRESENTACIONAL E
REDESCRIÇÃO REPRESENTACIONAL: CONVERGÊNCIAS TEÓRICAS A RESPEITO DO PAPEL DAS
REPRESENTAÇÕES PARA A APRENDIZAGEM CONCEITUAL**

*Theory of Conceptual Fields, Representational Diversity and Representational Redescription:
theoretical convergences regarding the role of representations for conceptual learning*

Keila Tatiana Boni [keila.tati.boni87@uel.br]

Departamento de Física

Universidade Estadual de Londrina

Rodovia Celso Garcia Cid, PR-445, Km 380, Londrina, Paraná, Brasil

Carlos Eduardo Laburú [laburu@uel.br]

Departamento de Física

Universidade Estadual de Londrina

Rodovia Celso Garcia Cid, PR-445, Km 380, Londrina, Paraná, Brasil

Paulo Sergio de Camargo Filho [paulocamargo@utfpr.edu.br]

Departamento de Física

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Avenida dos Pioneiros, 3131, Jardim Morumbi, Londrina, Paraná, Brasil

Resumo

A partir de análise e reflexões relacionadas à Teoria dos Campos Conceituais, à Diversidade Representacional e à Redescrição Representacional apresentam-se defesas convergentes a respeito da aprendizagem de conceitos científicos e matemáticos, enfatizando o papel das representações para esse processo de aprendizagem. Identificou-se aspectos comuns entre cada representação e seu referente, assim como entre diferentes representações de um mesmo referente, porém sem redundâncias entre características que cada uma delas apresentam. Ainda, evidenciou-se que é por meio de representações externas que indícios de representações mentais são manifestados. Identificou-se, também, que a aprendizagem está atrelada à coordenação de representações, que ela tem por base conhecimentos previamente construídos e que envolve o domínio declarativo por parte do aprendiz, bem como o acesso progressivo à consciência da sua própria aprendizagem, o qual é mediado por representações. As convergências identificadas proporcionam a professores e pesquisadores informações e possibilidades de reflexões a respeito das aprendizagens construídas por estudantes e o papel fundamental de variadas representações para que eles possam realizar procedimentos e discursos, o que contribui para elaboração de propostas avaliativas, didáticas e metodológicas voltadas para a aprendizagem conceitual de forma explícita e consciente.

Palavras-Chave: Educação Científica; Educação Matemática; Representações; Aprendizagem Conceitual.

Abstract

From analysis and reflections related to The Theory of Conceptual Fields, Representational Diversity and Representational Redescription convergent defenses are presented regarding the learning of scientific and mathematical concepts, emphasizing the role of representations for this learning process. We identified common aspects between each representation and its referent, as well as between different representations of the same referent, but without redundancies between characteristics that each of them present. Furthermore, it was evidenced that it is through external representations that indications of mental representations are manifested. It was also identified that learning is related to the coordination of representations, which is based on previously constructed knowledge and which involves the declarative

domain on the part of the learner, as well as progressive access to awareness of their own learning, which is mediated by representations. The convergences identified provide teachers and researchers with information and possibilities for reflections about the learnings built by students and the fundamental role of various representations so that they can perform procedures and discourses, which contributes to the elaboration of evaluative proposals, didactic and methodological approached conceptual learning explicitly and consciously.

Keywords: Science Education; Mathematics Education; Representations; Conceptual Learning.

INTRODUÇÃO

Ainda que reconheçamos a existência de particularidades nas aprendizagens de conceitos da Matemática e de cada uma das disciplinas que compõem as Ciências Naturais, neste trabalho nos dedicamos a um aspecto comum entre essas aprendizagens, a representação de conceitos. A aprendizagem conceitual nessas disciplinas se caracteriza como um processo complexo que abrange abstrações e simbolismos dependentes de uma diversidade de sistemas semióticos para que um aprendiz possa representar, tratar, estabelecer relações e expressar compreensões construídas a respeito de conceitos científicos e matemáticos.

Considerando a presencialidade de representações em diversos aspectos relacionados ao processo de aprendizagem, o conhecimento de suas características e atribuições é imprescindível para que professores e pesquisadores da área de educação científica e matemática possam refletir a respeito de como direcionar suas práticas de ensino e de avaliação com o propósito de bem valer-se dessas características e atribuições a favor de uma aprendizagem efetiva nas áreas de Ciências e Matemática.

Diversas pesquisas e referenciais teóricos têm apresentado, ao longo dos últimos anos, perspectivas e defesas a respeito do papel das representações para a construção de aprendizagens de conceitos científicos e matemáticos. Neste trabalho, adotamos uma linha de pesquisa denominada Diversidade Representacional, que abrange várias dessas pesquisas e referenciais teóricos (Ainsworth, 1999; Duval, 2009, 2012; Laború & Silva, 2011a; 2011b; Prain & Waldrip, 2006; entre outros). No âmbito da aprendizagem científica e matemática, essa linha de pesquisa vem se esforçando para compreender e divulgar entendimentos a respeito de como estudantes atribuem significados às representações simbólicas diversas e que dificuldades enfrentam nesse processo de significação.

Além desses referenciais, há teorias igualmente cognitivistas que já são amplamente difundidas nas áreas de Ciências e de Matemática e que apresentam argumentos e defesas a respeito do papel imprescindível de representações para a aprendizagem conceitual nessas áreas. Dentre esses referenciais, destacamos considerações da Teoria dos Campos Conceituais (Vergnaud, 1990; 2009; 2017) a respeito do papel das representações para a conceitualização.

Ainda, a partir da consideração de que a aprendizagem envolve um processo complexo, mediado por uma multiplicidade de representações, buscamos por referenciais que buscam estabelecer relações entre essas representações com a gradativa apropriação conceitual e processamento metacognitivo. Assim, optamos por incluir, neste trabalho, posicionamentos do modelo teórico Redescrição Representacional (Karmiloff-Smith, 1994, 2010) que, apesar de ter sido desenvolvido especificamente para a área da Linguística, defende a possibilidade de sua extensão para outras áreas de conhecimento.

Fundamentados em defesas da Teoria dos Campos Conceituais (Vergnaud, 1990; 2009; 2017), da Diversidade Representacional e da Redescrição Representacional, objetivamos identificar leituras convergentes entre esses referenciais a respeito de representações diversas em relação à aprendizagem de conceitos científicos e matemáticos. Vale destacar que apesar de os três embasamentos teóricos serem cognitivistas e identificarmos entre si convergências em relação ao papel das representações para a aprendizagem conceitual, não ignoramos a existência de divergências epistemológicas entre as três proposições. Contudo, neste trabalho, nos limitamos em evidenciar defesas aproximadas entre elas que nos possibilitam compreender atribuições das representações no processo de aprendizagem conceitual.

Dada a extensão de cada uma dessas três perspectivas teóricas, não as explanamos em sua totalidade neste artigo, mas ressaltamos e nos restringimos a algumas das defesas principais que cada uma apresenta a respeito de representações no processo de aprendizagem conceitual. Assim, estruturamos este trabalho de maneira que, inicialmente, descrevemos o que cada uma dessas teorias aborda a respeito de representações. Por conseguinte, apresentamos e descrevemos as leituras convergentes identificadas.

TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

A Teoria dos Campos Conceituais objetiva descrever e analisar as relações entre os processos de aprendizado que ocorrem em curto prazo e os processos de desenvolvimento cognitivo que acontecem em longo prazo (Plaisange & Vergnaud, 2003). Objetiva-se, ainda, descrever e analisar as relações entre as formas operacional e declarativa do conhecimento, ou seja, entre o “saber fazer” e o “saber dizer” o que se sabe, a respeito do que se faz (Vergnaud, 1990).

De acordo com essa teoria, a conceitualização é circunstanciada por campos conceituais, definidos por Vergnaud (1990) como conjuntos de situações que se são como tarefas educacionais progressivamente mais complexas e cujos domínios dependem de uma variedade de conceitos, procedimentos e representações relacionados entre si. A atribuição de sentido a um conceito engendra-se a partir de uma diversidade de situações capazes de despertarem no aprendiz a necessidade de mobilizar um repertório de esquemas¹ para tratamento de cada situação, sendo esses esquemas compostos por combinações de regras e ações pautadas nos conhecimentos que ele já possui, além de adaptações de tais regras e ações para atingir novas formas de conceitualizar as diferentes situações. Contudo, o esquema não é um estereótipo.

O tratamento de cada situação, portanto, envolve esquemas compostos por regras-em-ação, que por sua vez são resultados dos conhecimentos-em-ação do aprendiz, o que Vergnaud (1990) denomina por invariantes operatórios. São eles os responsáveis por conduzir o aprendiz a reconhecer os elementos pertinentes para tratamento de cada situação e agir em seguida e são compostos por conceitos-em-ação e teoremas-em-ação. Os conceitos-em-ação correspondem a objetos, relações, condições ou circunstâncias que podem ser identificados como pertinentes para tratamento de uma determinada situação. A partir desses conceitos, os teoremas-em-ação são formulados na forma de proposições, ou seja, na forma de regras de ação que conduzirão as ações do aprendiz diante da situação. O teorema-em-ação pode ser verdadeiro, conduzindo-o ao êxito, ou falso se acarretar erro.

Diante do exposto, entende-se que invariantes operatórios são conceitos fundamentais da Teoria dos Campos Conceituais por serem responsáveis por conterem o conteúdo dos esquemas (Vergnaud & Moreira, 2017) e estão atrelados à aspectos semânticos e estruturais que levam a determinadas ações. Além disso, estão relacionados à construção de representações mentais e representações externas de conceitos. São eles os responsáveis pela eficácia da representação em refletir o que pretende representar. Para isso, tanto as representações mentais quanto as externas precisam ser pertinentes e homomorfas ao que representam.

Na Matemática, homomorfismo consiste na aplicação de um conjunto em outro, respeitando estruturas relativas ao conjunto de partida e ao de chegada. Analogamente, Vergnaud (2009) atribui a noção de homomorfismo entre a representação e seu referente como a função de passar deste para aquele respeitando propriedades e características que permitam a representação refletir o seu referente. Em outras palavras, o homomorfismo está atrelado às características e propriedades que são fundamentais na elaboração de uma representação para que ela de fato faça referência ao que representa, sendo essas características e propriedades próprias do referente. Isso não implica na representação refletir e ser homomorfa na totalidade ao que referencia, ou seja, a representação não compreende todas as características e propriedades do referente, não sendo idêntica a ele. Inclusive, a noção de homomorfismo se estende a múltiplas representações do mesmo referente e existem homomorfismos entre uma representação e outra. Isso significa dizer que certas propriedades e características do referente podem estar presentes em uma representação, mas não em outra, porém algumas propriedades e características serão comuns para diferentes representações, possibilitando o reconhecimento de que essas representações fazem alusão a um mesmo referente, ainda que cada uma delas possa enaltecer uma determinada “face” desse referente.

É essa característica homomorfa que permite o reconhecimento de semelhanças e diferenças entre distintas representações e entre cada uma delas e o referente. Além disso, é essa característica que possibilita a passagem de uma representação para a outra. Essa passagem por entre representações é essencial para a aprendizagem, pois implica em certas invariâncias no funcionamento do pensamento (Vergnaud, 1990) e está associada aos domínios dos conhecimentos procedimental e declarativo, ou seja, ao “saber fazer” e ao “saber dizer”. Afinal, nessa teoria defende-se que, muito além do domínio de procedimentos, é essencial o domínio declarativo (que, inclusive, abrange o procedimental), de modo que o aprendiz seja capaz de realizar corretamente procedimentos e consiga explicitar suas compreensões a respeito deles.

¹ Esquema é um termo adotado da teoria piagetiana. Vergnaud considera esquema como “a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações” (1990, p. 136), porém não é entendido como um estereótipo.

Para Vergnaud (2009), a maioria das representações, sobretudo aquelas produzidas mentalmente pelo aprendiz, é inacessível ao observador externo, porém algumas podem ser objetiváveis, no sentido de que indícios delas podem ser percebidas a partir de representações externas manifestadas pelo aprendiz. São consideradas representações externas a linguagem verbal (oral ou escrita), desenhos, gestos, procedimentos aritméticos e algébricos, entre outros. Essas manifestações não são triviais para o aprendiz, pois muitas vezes suas representações mentais não estão totalmente conscientes para si mesmo, o que dificulta suas produções de representações externas, principalmente a linguagem verbal para explicitar suas compreensões.

Vale destacar que, nessa teoria, o conceito de representação pode se referir tanto ao ato dinâmico e adaptativo de estabelecimento de referência ao real por meio do pensamento conceitual como aos significantes dos conceitos. Apoiada em ideias de Vygotsky a respeito de signo, bem como em defesas de Saussure em reverência à significado (conceito) e significante (parte material do signo), a Teoria dos Campos Conceituais considera que esses conceitos são indissociáveis e que existem numerosas relações entre eles e, também, entre os signos (Vergnaud, 2017). Para melhor compreender a ideia de representação, Vergnaud (2009b) fornece quatro definições. A primeira delas se refere ao fluxo de pensamento que resulta da interiorização de imagens provenientes da percepção e da ação, além das imagens puramente imaginárias. Pela segunda definição, a representação abrange sistemas de objetos e de predicados pertinentes que podem ser identificados e utilizados pelo sujeito em sua atividade. A terceira definição diz respeito às relações significantes/significados na linguagem verbal e, também, em outros sistemas simbólicos, os quais, por sua vez, possuem raízes históricas e culturais. Enfim, a quarta definição diz respeito às representações se associarem a um sistema de esquemas que o indivíduo utiliza em ação. Assim, de modo geral, a ideia de representação na Teoria dos Campos Conceituais é bastante ampla, pois abrange conceitos e formas simbólicas, além de estar diretamente relacionada à ação do sujeito em situação.

Desde já esclarecemos que, neste trabalho, compreendemos as três definições de representação como complementares, uma vez que: abrange a interiorização de imagens de natureza abstrata (como as imaginárias) e oriundas da percepção de objetos concretos; contempla conceitos, elementos, relações, entre outros; e uma mesma representação permite interpretações distintas, as quais variam de acordo com conhecimentos e concepções de cada pessoa. Contudo, a maior ênfase é atribuída ao entendimento da representação como um signo ou um símbolo, ou seja, como forma de representação externa, devido ser essa a forma acessível para um observador, seja ele pesquisador ou professor.

DIVERSIDADE REPRESENTACIONAL

Guiados por orientações de ordem semiológica, denominamos por Diversidade Representacional uma linha de pesquisa que concentra esforços para compreender e instigar a constituição de significados de conceitos científicos e matemáticos por estudantes a partir de representações. Para isso, abrange referenciais da Multimodalidade e Múltiplas Representações (Ainsworth, 1999; Prain & Waldrup, 2006; Laburú & Silva, 2011a; 2011b; entre outros), bem como dos Registros de Representação Semiótica (Duval, 2009; 2012). O termo representação é entendido como análogo ao de signo, ou seja, como uma relação entre algo perceptível e algo que está ausente (Laburú & Silva, 2011b) e que faz referência a uma gama de transformações que possibilitam materializar algo que se deseja tornar presente e, para tanto, faz uso de distintos sistemas de significação.

Quanto aos constituintes da Diversidade Representacional, segundo Tytler, Prain e Peterson (2007), multi-modos ou multimodalidade corresponde à integração do discurso científico em diferentes modos representacionais, em que estes podem ser entendidos como “recursos perceptivos” (Radford, Edwards & Arzarello, 2009) por meio dos quais diversas formas representacionais possibilitam pensar, expressar, comunicar e executar. Por sua vez, múltiplas representações refere-se a prática de re-representar o mesmo conceito em diferentes formas (Prain & Waldrup, 2006) e que se refere à multiplicidade de maneiras de representar um mesmo conceito ou processo científico. Em outras palavras, diferentes formas representacionais estão associadas à prática de “re-representar” um mesmo referente de diferentes maneiras, a partir de registros representacionais verbal, gráfico, entre outros. Tais representações podem ser dadas em modos representacionais distintos, os quais envolvem categorias “descritivas (verbal, gráfica, tabular, diagramática, matemática), figurativas (pictórica, analógica, metafórica), cinestésicas ou de gestos corporais (encenação, jogos), que usam objetos tridimensionais (3D) ou maquetes, experimentos, etc.” (Laburú & Silva, 2011a, p. 724-5).

Quanto ao registro de representação, Duval (2009; 2012) defende que se trata de uma representação externa pertencente a um sistema semiótico e satisfaz três atividades cognitivas fundamentais. A primeira

dessas atividades é a formação de uma representação identificável, ou seja, que possibilita o reconhecimento do que ela representa. A segunda atividade é o tratamento, que corresponde à possibilidade de realização de transformações internas a um mesmo registro representacional como, por exemplo, operações aritméticas cujo resultado se mantém no mesmo sistema de representação. A terceira atividade é a de conversão, que também se refere a transformações, entretanto sai de um registro inicial e vai para outro registro de sistema diferente, preservando o mesmo referente, tendo ganhos e perdas cognitivas nessa passagem.

Segundo Duval (2012), a troca de registros representacionais é necessária para a compreensão do referente, uma vez que uma única representação não é capaz de contemplar todas as suas características. No entanto, é à atividade de coordenação que o autor confere o papel fundamental para a apreensão conceitual, pois “a compreensão de um conteúdo conceitual repousa sobre a coordenação de ao menos dois registros de representação” (Duval, 2012, p. 282), cujo domínio intelectual se manifesta pela agilidade e espontaneidade de realizar a atividade cognitiva de conversão entre representações.

Estudos sob o referencial da Multimodalidade e Múltiplas Representações defendem que trocas representacionais são atividades essenciais para o pensamento, pois permitem a construção de significações a partir do estabelecimento de conexões entre diferentes representações. Segundo Laború e Silva (2011b), essas trocas representacionais estão associadas às atividades de tradução e de integração. A primeira, é caracterizada pela capacidade de reconhecer as ligações conceituais entre representações e, a segunda, compreende a capacidade de incorporar, em um todo coerente, as significações inerentes nas diversificadas representações de um mesmo referente. Como os conceitos de modo, registro e forma representacional são indissociáveis e complementares, a partir de agora passaremos a integrá-los em uma menção indistinta que denominamos simplesmente de representação. Assim, fundamentados nos referenciais apresentados até então, passamos a abordar o papel das representações para a aprendizagem conceitual em disciplinas científicas e matemática.

A transição por entre representações diversas, de maneira coordenada e integrada, possibilita ao aprendiz melhor se apropriar de conceitos e processos científicos. Afinal, cada representação carrega em si diferentes atributos do mesmo referente, bem como processos cognitivos distintos. Tal distinção está atrelada ao fato de uma representação apresentar maior complexidade em seu tratamento do que outra. Além disso, essa distinção possibilita que cada aprendiz possa realizar seu próprio caminho de construção de significados, que é particular devido cada pessoa pautar-se em conhecimentos, experiências e habilidades diferentes durante a construção de um determinado conhecimento (Laború & Silva, 2011a).

Para Duval (2009), existem representações mentais (ou internas) e externas. Os registros de representações semióticas, por serem representações de tipo externas e conscientes, vão além de fins comunicacionais, pois são essenciais às funções cognitivas de objetivação e tratamento, em que o aprendiz toma consciência do seu fazer. Por outro lado, as representações computacionais são de tipo interna e não conscientes, logo, não exteriorizáveis em que pensamentos realizados se fazem de maneira automática ou quase espontânea (Duval, 2009, p. 35). As representações mentais estão relacionadas a função de objetivação, bem como à aquisição e interiorização de sistemas e de representações semióticas. Em geral, há um distanciamento muito grande entre o que está representado na mente de uma pessoa e aquilo que ela produz por meio de representações semióticas para exteriorizar suas representações mentais.

Alguns recursos representacionais podem ser capazes de promover a aquisição de competências e procedimentos que, sem dúvidas, são fundamentais para a aprendizagem, porém não suficientes para que ela ocorra efetivamente. Prain e Waldrip (2006) advertem que, além do desenvolvimento de competências, estudantes necessitam ser capazes de explicar a negociar com professores e outros estudantes os seus entendimentos e compreensões. Assim, dentre a diversidade de representações, a linguagem verbal é tida como a forma mais eficiente de expressar raciocínios semânticos, qualificar ideias e relacionar categorias. Lotman (apud Eco, 2003) define a linguagem verbal como o sistema modelizante primário dos demais sistemas semióticos devido seu poder de traduzir, em termos verbais, o conteúdo de qualquer outra representação.

REDESCRIÇÃO REPRESENTACIONAL

O modelo teórico denominado Redescrição Representacional, proposto por Karmiloff-Smith (2010), visa explorar a relação entre meta-processos não conscientes e aqueles que estão disponíveis ao acesso consciente e à verbalização. Nessa exploração, considera-se evidências explícitas por meio de explicações conscientes e verbalizáveis, mas volta a atenção para as “pistas” identificáveis a partir de procedimentos

realizados pelo aprendiz. Assim, visa-se compreender se a consciência explícita implica de maneira decisiva em processos de aquisição espontâneos relacionados na mudança representacional.

Entende-se o termo redescrição como uma forma de “re-representação” recorrente que visa tornar um conhecimento cada vez mais acessível metacognitivamente (Karmiloff-Smith, 2010). Competências metacognitivas bem desenvolvidas estão relacionadas à capacidade de o aprendiz ter consciência do que sabe e ser capaz de decidir como, onde, quando e por que utilizar o que sabe (Ertmer & Newby, 1996).

Segundo o modelo Redescrição Representacional, as representações internas ficam, a princípio, armazenadas implicitamente e não disponíveis ao acesso consciente para o sujeito. Como característica do ser humano, a mente pode explorar internamente essas representações e formatá-las de maneiras distintas, em um processo recorrente de redescrição. Tal processo pode conduzir à construção e exploração consciente e, até mesmo, “re-representar” a informação de maneira explícita. Esse processo pode advir de um impulso interno ou pode ser estimulado externamente como, por exemplo, a partir de recursos metodológicos adotados em sala de aula.

É essa relação entre representações explícitas/implícitas e acessos conscientes/não conscientes envolvidos no processamento cognitivo que o modelo Redescrição Representacional busca categorizar, especificamente no campo da Linguística, os diferentes níveis atingidos durante a aquisição da linguagem, compreendendo a recodificação de palavras e de frases e traduções interlinguísticas (Oliveira, 2009). Para detectar a passagem progressiva por esses diferentes níveis, considera-se os erros, as correções e as tentativas de formulações de explicações cada vez mais coerentes por parte do próprio sujeito.

Apesar de ter sido elaborado para a Linguística, a autora do modelo teórico defende a possibilidade de sua extensão a outros domínios, considerando haver um conjunto de representações capazes de sustentar cada área específica do conhecimento (Karmiloff-Smith, 1994). Apesar de cada área ter suas particularidades, o modelo teórico considera que a explicitação verbal e consciente é a instância última no processo de aprendizagem, o que não implica no abandono do domínio de procedimentos.

No quadro a seguir são apresentados os níveis recorrentes de processos que acontecem progressivamente durante o desenvolvimento cognitivo, níveis esses que caracterizam o modelo teórico Redescrição Representacional.

Quadro 1 – Níveis de explicitação, segundo o modelo teórico Redescrição Representacional (adaptado de Oliveira, 2009, p. 56).

	Nível Implícito (I)	Nível Explícito 1 (E-i)	Nível Explícito 2 (E-ii)	Nível Explícito 3 (E-iii)
Predominância de erros	Não	Sim	Não	Não
Acesso consciente ao conhecimento	Não	Não	Sim	Sim
Explicitação verbal do conhecimento	Não	Não	Não	Sim

No quadro, observa-se que o modelo Redescrição Representacional é composto por quatro níveis progressivos, o Implícito (I) ao Explícito 3 (E-iii). Em que a explicitação verbal do conhecimento é atingida apenas no último nível de explicitação. Isso porque, segundo o modelo teórico, a explicitação verbal depende do acesso consciente ao conhecimento, que tem início a partir do nível Explícito 2 (E-ii). Antes disso, o aprendiz apenas acumula representações em sua mente (Nível I) e, em seguida, tenta realizar as primeiras re-representações em sua mente no nível Explícito 1 (E-i) de maneira ainda não consciente, o que acarreta predominância de erros nesse nível.

A passagem por entre níveis nem sempre ocorre hierarquicamente, ou seja, de forma progressiva e linear, do nível I ao nível E-iii. Ainda, nem toda informação é redescrita, ou seja, é re-representada na mente, pelo aprendiz de maneira a atingir níveis de explicitação. De acordo com a teoria, o resultado de recorrentes redescritões atrelados aos diferentes níveis do modelo teórico, conduz à coexistência de múltiplas representações de um mesmo conceito ou informação na mente do aprendiz, cada qual com seus níveis de detalhe. A partir do momento em que esse conceito ou informação é recodificado por meio de uma representação única que abrange coordenadamente suas múltiplas representações existentes na mente, atinge-se o nível E-iii.

CONVERGÊNCIAS ENTRE AS PERSPECTIVAS TEÓRICAS

Pautados nos referenciais teóricos adotados, visamos identificar e discutir leituras convergentes entre a Teoria dos Campos Conceituais (Vergnaud, 1990; 2009; 2017), a Diversidade Representacional (Ainsworth, 1999; Duval, 2009, 2012; Laburú & Silva, 2011a; 2011b; Prain & Waldrip, 2006; entre outros) e a Redescritão Representacional (Karmiloff-Smith, 1994; 2010). Antes de apresentarmos e discutirmos as convergências, esclarecemos o que entendemos por aprendizagem conceitual. Como já diz o próprio nome, refere-se à aprendizagem de conceitos científicos, porém não de forma simplista no sentido de o aprendiz ser capaz de enunciar um conceito por repetição. A aprendizagem conceitual envolve conceitos diversos relacionados uns aos outros e essas relações são estabelecidas a partir de filiações e de rupturas, em um processo longo e contínuo. Dessa forma, compreendemos que a aprendizagem conceitual abrange a forma operatória e a forma predicativa do conhecimento, de modo que os conceitos não são formulados apenas para que sejam enunciados corretamente, mas para que sejam compreendidos e utilizados em situações que envolvem problemas práticos e teóricos.

A seguir, são apresentadas e discutidas sete convergências e, para fundamentá-las, articulamos a elas citações representativas de cada uma das perspectivas teóricas.

- **Convergência 1** – *Existência de aspectos comuns entre cada representação e o seu referente, bem como entre representações de um mesmo referente, porém, sem total redundância entre eles.*

Essa convergência corresponde à existência de aspectos comuns entre cada representação e o seu próprio referente, assim como entre cada uma das distintas representações desse mesmo referente, sem que haja redundâncias entre eles. O termo “referente” abrange objetos reais e abstratos, como objetos sujeitos à percepção, informações e conteúdos conceituais, aos quais há possibilidade de remeter representações.

Na Teoria dos Campos Conceituais, encontramos a menção a homomorfismos entre realidade e sua representação, assim como entre diferentes representações, conforme verificamos no excerto a seguir:

“A noção de homomorfismo primeiramente se aplica à função que faz passar da realidade à representação. [...] não significa que a representação reflita toda a realidade, nem que toda representação seja necessariamente homomorfa à realidade. [...] Existem homomorfismos não somente entre a realidade, de um lado, e as representações, de outro, mas também entre as diferentes formas de representação” (Vergnaud, 2009, p. 299-300).

Vergnaud (2009) esclarece que a noção de homomorfismo remete à similaridade parcial entre representação e referente, o que também vale para homomorfismos entre representações (aqui inclui representações abstratas, ou seja, mentais). Esses aspectos similares são fundamentais para possibilitar que a representação seja operatória e susceptível ao estabelecimento de relações.

Quanto à Diversidade Representacional, enfatiza-se que “[...] toda representação é cognitivamente parcial quanto ao que ela representa e que representações de registros diferentes não apresentam os mesmos aspectos de um mesmo conteúdo conceitual” (Duval, 2009, p. 91). Além disso, ela defende que “[...] há duas subclasses de categoria (a) em que cada representação codifica aspectos únicos de um domínio e apresenta informações diferentes e (b) em que há um grau de informação redundante partilhada pelos dois, assim como a informação original para cada” (Ainsworth, 1999, p. 137, tradução nossa). Toda representação traz em si aspectos parciais de um mesmo conteúdo conceitual e, portanto, não há total redundância entre representação e referente, nem tampouco entre representações (Duval, 2009). Em complemento, para Ainsworth (1999) não existem apenas aspectos específicos entre um referente e sua representação, ou entre representações, mas há em cada uma dessas representações um grau de redundância de aspectos originais do referente.

Para a Redescrição Representacional (modelo RR), a ideia de congruências parciais e não redundâncias entre referente e representação, bem como entre representações, está relacionada a caracterização e a passagem por entre os progressivos níveis de explicitação do conhecimento:

“O modelo RR postula a existência de distintos formatos de representação em cada nível. [...] As representações do nível I estão entre parênteses, pois não podem ser formados vínculos representacionais inter ou intra-domínios [...] As redescritões são abstrações em uma linguagem de nível superior e, diferente das representações de nível I, não estão postas entre parênteses (quer dizer, as partes componentes estão abertas a potenciais vínculos representacionais intra e interdomínios). As representações E1 são descrições reduzidas que perdem numerosos detalhes da informação codificada procedimentalmente” (Karmiloff-Smith, 1994, p. 40, tradução nossa).

Em cada nível do modelo Redescrição Representacional, existem formatos distintos de representação de um referente. Assim, o estabelecimento de vínculos representacionais é fundamental para que ocorra a passagem por entre esses níveis e, para isso, é necessário reconhecer aspectos comuns e distintos entre as representações de um mesmo referente e entre este e cada uma de suas representações. Karmiloff-Smith (1994) faz alusão à ideia de não redundância ao afirmar que a passagem por entre níveis compreende a apresentação de representações com descrições reduzidas, ou seja, com diminuição de detalhes da informação original e de suas primeiras codificações, devido redescrição destas para uma explicitação em linguagem verbal.

Diante do exposto, evidenciamos convergências entre os referenciais visto que defendem a existência de congruências parciais entre representações e referente. Seja para a realização de procedimentos ou, principalmente, para a realização de operações internas de estabelecimento de vínculos entre representações e entre estas com o referente, se faz necessário que aspectos comuns e diferentes entre eles sejam identificados pelo aprendiz.

- **Convergência 2** – *Por meio de representações externas o sujeito comunica indícios de representações mentais.*

Nessa convergência são reunidas as posições das teorias que defendem a ideia de que as representações sustentam processamentos cognitivos, que são compostos por representações mentais que não são externáveis, logo são inacessíveis diretamente por um observador. Como externar representações mentais não é algo trivial para o aprendiz, convergências teóricas apontam para o fato de que apenas indícios de processamento mental são manifestados por meio de representações externas que um sujeito produz.

A esse respeito, a Teoria dos Campos Conceituais afirma que

“Para compreender a realidade e agir sobre ela, a criança constrói representações mentais dessa realidade. Entre essas representações, algumas não são acessíveis ao observador externo [...]. Mas certas representações são objetiváveis, no sentido de que podemos delas perceber indicadores importantes nas produções do sujeito (palavras pronunciadas, desenhos, gestos analógicos, operações feitas pelos sujeitos etc.)” (Vergnaud, 2009, p. 86).

Para Vergnaud (2009), o processamento mental de um sujeito não é possível de ser evidenciado por outro. Há a defesa de que por meio de ações, ou melhor, por meio de representações associadas a essas ações, são fornecidas “pistas” de representações mentais, as quais podem ser inferidas por um observador externo. Essas “pistas” são propriedades, elementos, conceitos, que constituem os conceitos-em-ação mobilizados e responsáveis por conduzir as ações do aprendiz (os seus teoremas-em-ação). Tais ações são explicitadas por meio de diferentes representações externas. Portanto, a inferência de invariantes operatórios é que dará forma aos indícios de processamento cognitivo do aprendiz.

Na Diversidade Representacional, encontramos que *“As representações semióticas [...] parecem apenas ser o meio de que o indivíduo dispõe para exteriorizar suas representações mentais, ou seja, as tornarem visíveis ou acessíveis a outro”* (Duval, 2009, p. 15). Ainda, afirma-se que *“[...] pode haver uma grande diferença entre as representações mentais de um sujeito e as representações semióticas que ele produz para exprimir suas representações mentais”* (Duval, 2009, p. 45-46). Por consequência, para Duval (2009), a exteriorização de representações mentais acontece a partir de representações semióticas, as quais são externas. Contudo, isso não implica afirmar que as primeiras reflitam fielmente as últimas.

Em convergência com essa afirmação, o modelo teórico Redescrição Representacional de Karmiloff-Smith (2010) entende que processos metacognitivos podem ser expressos por meio de representações externas, como cinestésicas e espaciais:

“[...] a maioria dos estudos metacognitivos, se não todos, se concentram na expressividade verbal (quer dizer, no nível E3). Porém, como eu já havia dito, não quero renunciar de antemão a possibilidade de que hajam representações espaciais, cinestésicas ou de outro tipo codificadas de modo não linguístico e que são acessíveis à consciência” (Karmiloff-Smith, 1994, p. 43, tradução nossa).

Ainda, segundo essa teoria, *“A carga computacional gerada por operações metaprocedurais torna necessário, frequentemente, que a criança marque externamente, isto é, comportamentalmente (sic), as novas conexões que se tornaram definidas internamente” (Karmiloff-Smith, 2010, p. 427).*

Segundo o modelo, a exteriorização de processos mentais é uma necessidade do aprendiz. Para atingir níveis mais elevados de explicitação e, conseqüentemente, atingir a acessibilidade consciente de seu próprio conhecimento, o aprendiz precisa se esforçar para exteriorizar seus processos mentais, o que inicialmente ocorre por meio de representações externas diversas, até atingir a habilidade de declarar verbalmente seus conhecimentos.

De fato, boa parte do processo de aprendizagem ocorre internamente. Segundo as três perspectivas teóricas, esse processamento interno envolve representações mentais daquilo que se objetiva aprender. Para que um sujeito externo possa inferir a respeito dessas representações, é necessário estar atento às “pistas” manifestadas pelo aprendiz por meio de representações externas que produz, ou seja, por meio de gestos, de registros escritos, de linguagem verbal, entre outros.

- **Convergência 3** – *Além de fins comunicacionais, as representações externas são essenciais para o desenvolvimento procedimental e cognitivo.*

Nesta convergência, reunimos as posições de que as representações externas vão além de servir para fins comunicacionais e exteriorização de representações mentais, mas são igualmente fundamentais para operações de pensamento, com desenvolvimento cognitivo, e para a realização de procedimentos, com desenvolvimento operacional/procedimental. Adiantamos, de antemão, que o termo *procedimental* abrange comportamentos, operações, comportamentos, técnicas, processos e métodos que estão atrelados à ação do aprendiz quando diante de situações. Além disso, esclarecemos que é possível haver desenvolvimento cognitivo sem haver representação externa.

Da Teoria dos Campos Conceituais, observamos que *“[...] o pensamento consiste, ao mesmo tempo, em operações conceituais e pré-conceituais sobre os significados, e em operações simbólicas sobre os significantes, significantes estes que formam vários sistemas simbólicos distintos, tendo elos entre si próprios e com o significado” (VERGNAUD, 2009, p. 300).* Além disso, *“[...] toda representação funcional deve [...] prestar-se a operações, isto é, ao que, no início deste livro chamamos de “cálculo relacional” (Vergnaud, 2009, p. 304).*

Segundo Vergnaud (2009), o pensamento envolve operações conceituais e pré-conceituais, que são estruturas mentais prévias, mas, também, operações simbólicas diversas. Nesse contexto, as representações são fundamentais tanto para as operações de pensamento quanto para a realização de operações e procedimentos, o que ele denomina de “cálculo relacional”.

Na Diversidade Representacional, *“[...] as representações semióticas não são somente indispensáveis para fins de comunicação, elas são necessárias ao desenvolvimento da atividade” (Duval, 2009, p. 15).* Ademais, *“As representações externas preenchem então uma função de comunicação. Mas elas preenchem igualmente duas outras funções cognitivas: a função de objetivação, como todas as representações conscientes, e a função de tratamento” (Duval, 2009, p. 42).*

As representações semióticas, cuja natureza é manifestada externamente, são tão essenciais para a comunicação quanto são para o desenvolvimento de atividades devido a isso cumprir as funções de tratamento e de objetivação, em que esta última é entendida como uma construção teórica que explica a maneira pela qual os aprendizes se envolvem e atribuem sentido a algo (Radford, 2006).

Segundo o modelo teórico Redescrição Representacional,

“A carga computacional gerada por operações metaprocedurais torna necessário, frequentemente, que a criança marque externamente, isto é, comportamentalmente (sic), as novas conexões que se tornaram definidas internamente. Em minha opinião, essa marcação comportamental age como uma forma de “escora de processamento cognitivo”” (Karmiloff-Smith, 2010, p. 427).

Karmiloff-Smith (2010), além disso, assegura que “[...] *uma vez que representações cinestésicas, espaciais e temporais, assim como as representações de conhecimento linguístico, são representadas em um código comum, isso permitiria que a definição explícita das conexões representacionais operasse no sistema cognitivo*” (Karmiloff-Smith, 2010, p. 476).

Diante dos excertos expostos, conexões definidas internamente são passíveis de exteriorização por meio de representações e vão muito além de servirem para fins comunicacionais, operacionais ou comportamentais. Elas funcionam como “escoras do processamento cognitivo”, isso significa que funcionam como suporte para o processamento interno.

As convergências acima atestam que representações estão presentes em todo o processamento cognitivo de apropriação conceitual, desde a elaboração de representações mentais sobre um objeto de conhecimento e realização de ações sobre representações externas, até o domínio de formas mais elevadas de compreensão e de explicitação do próprio conhecimento.

- **Convergência 4** – *A apropriação conceitual é atrelada à coordenação das representações.*

Neste caso, incluímos citações que mencionam a relação da apropriação conceitual com a utilização recorrente, dinâmica e coordenada de diversas representações de um mesmo referente.

Para a Teoria dos Campos Conceituais, o desenvolvimento cognitivo é dependente da passagem do real para a representação, como entre representações:

“É com a ajuda simultânea dessas diferentes representações que a criança raciocina, passando de um plano a outro em função de necessidades e relações com as quais ela tem que tratar. Pensar consiste não apenas em passar de uma situação real à representação, mas em passar de uma representação à outra e a ela retornar” (Vergnaud, 2009, p. 301).

Essa passagem, segundo Vergnaud (2009), precisa acontecer de maneira simultânea e não apenas de uma situação real para uma representação para que o sujeito seja capaz de mudar uma representação pela outra e, sobretudo, realizar a troca inversa. Essa simultaneidade de trocas entre diferentes representações caracteriza a coordenação delas.

A coordenação entre representações é posta pela Diversidade Representacional ao apontar que “*A questão da coordenação dos registros e os fatores suscetíveis de favorecer esta coordenação aparecem então como questões centrais para as aprendizagens intelectuais*” (Duval, 2009, p. 39). Além disso, encontramos que “[...] *para aprender ciência de forma eficaz os alunos devem compreender diferentes representações de conceitos e processos científicos, ser capaz de traduzi-los em um outro, bem como compreender a sua utilização coordenada na representação do conhecimento científico*” (Prain & Waldrip, 2006, p. 1844, tradução nossa).

A coordenação de diversificadas representações é uma atividade cognitiva fundamental para a aprendizagem de conceitos, assim como são a compreensão de representações e processos distintos relacionados a um conceito e traduzir essas representações.

Segundo o modelo teórico Redescrição Representacional, “*A conexão de múltiplas representações de conhecimentos equivalentes entre diferentes códigos dá maior flexibilidade ao sistema cognitivo humano*” (Karmiloff-Smith, 2010, p. 420). A conexão entre representações diversas de conhecimentos equivalentes propicia maior flexibilidade do processamento cognitivo, o que implica no acesso consciente desse processo e na extensão do conhecimento para domínios diversos.

Nessa convergência compreende-se que a conexão coordenada entre representações vai muito além de relacionar uma representação com outra devido aspectos comuns entre si, mas promove uma ação cognitiva fundamental para a compreensão de que todas essas representações fazem referência a um mesmo

conteúdo conceitual, ainda que cada uma contenha suas particularidades, e que o estabelecimento de vínculos entre elas contribui para suas utilizações de maneira oportuna e simultânea.

- **Convergência 5** – *Aprendizagem se caracteriza por ir além do saber fazer, para ser capaz de saber expressar o que se sabe e o que se sabe fazer.*

Nesta convergência contemplamos as citações que se referem à aprendizagem envolver domínio de procedimentos, ou seja, saber fazer, e capacidade de expressão coerente do conhecimento e dos procedimentos que realiza.

A Teoria dos Campos Conceituais defende a existência de dois tipos de conhecimentos complementares entre si, o operatório e o predicativo:

“A aprendizagem conceitual inclui a procedimental. Se, de verdade, queremos que os estudantes compreendam os procedimentos científicos eles devem ser capazes de expressar o que estão fazendo [...]. Esse saber dizer o que se está fazendo é também uma aprendizagem conceitual” (Greca & Moreira, 2003, p. 64).

No reforço dessa posição tem-se que “[...] é necessário estabelecer o vínculo entre a formação de conceitos em situações na ação e, a seguir, de forma textual, enunciativa” (Vergnaud, 2017, p. 19). Segundo a Teoria dos Campos Conceituais, a formação de conceitos ocorre a partir do enfrentamento de situações diversas, sobre as quais o aprendiz precisa agir, manifestando conhecimento operatório. Contudo, muito além de domínio dessa forma de conhecimento, ele precisa ser capaz de refletir a respeito de suas ações e enunciar o que faz, para que seus procedimentos não sejam caracterizados, simplesmente, como automatizados e realizados sem compreensão. A capacidade de enunciação, por essa teoria, é denominada como conhecimento predicativo e requer um nível mais elevado de conceitualização se comparada ao conhecimento procedimental.

Segundo a Teoria dos Campos Conceituais, a formação de conceitos ocorre a partir do enfrentamento de situações diversas, sobre as quais o aprendiz precisa agir, manifestando conhecimento operatório. Contudo, muito além de domínio dessa forma de conhecimento, ele precisa ser capaz de refletir a respeito de suas ações e enunciar o que faz, para que seus procedimentos não sejam caracterizados, simplesmente, como automatizados e realizados sem compreensão. A capacidade de enunciação, por essa teoria, é denominada como conhecimento predicativo e requer um nível mais elevado de conceitualização se comparada ao conhecimento procedimental.

Na Diversidade Representacional há a defesa de que as representações estejam relacionadas a dois tipos de conhecimentos, o de competências e de explicitação:

“Enquanto claramente alguns recursos e tecnologias promovem a aquisição de competências, e esta aquisição pode ser uma parte importante do desenvolvimento da aprendizagem, esse domínio em si não significa automaticamente aprendizagem em ciência. Estudantes precisavam ser capazes de explicar o fracasso de algumas representações 2D propostas para indicar o seu “conhecimento consciente” (Prain & Waldrup, 2006, p. 1863, tradução nossa).

Em outras palavras,

“No marco do delineamento de um problema ou conhecimento científico, o êxito no trato da simbologia envolvida vai depender da articulação entre a apreensão operatória simbólica das representações e o manejo discursivo integrado das inferências em múltiplas representações, provocando a mobilização de uma rede de definições, conceitos e leis” (Laburú & Silva, 2011b, p. 28).

Segundo Prain e Waldrup (2006), ainda que o desenvolvimento de competências seja fundamental para a aprendizagem, por si só não caracteriza compreensão. Se faz necessário que o aprendiz também seja capaz de explicitar seus conhecimentos, uma vez que é essa explicitação a indicadora de acesso consciente aos seus próprios conhecimentos. Nesse mesmo sentido, Laburú e Silva (2011b) defendem que o êxito em resolver um problema ou lidar com um conhecimento científico depende da articulação entre operação simbólica de representações e manejo de discurso integrado, produtos de inferências sobre uma multiplicidade de representações.

Em Karmiloff-Smith (1994) há a defesa de aprendizagens procedimentais e de explicitação de maneira complementar:

“O desenvolvimento e a aprendizagem parecem, portanto, adotar dois direcionamentos complementares. Por uma parte, se baseia em processo gradual de procedimentalização (quer dizer, fazer com que o conhecimento seja mais automático e menos acessível). Por outro, implicam num processo de ‘explicitação’ e acessibilidade cada vez maior do conhecimento (quer dizer, representar explicitamente a informação implícita nas representações procedimentais em que se apoia a estrutura da conduta). Ambos os processos são importantes na mudança cognitiva” (Karmiloff-Smith, 1994, p. 36, tradução nossa).

A existência de duas formas de aprendizagem é um dos pilares do modelo teórico Redescritção Representacional. O processo de aprendizagem abrange um período de conhecimento procedimental, quando o conhecimento é automatizado e menos acessível à consciência. Progressivamente, esse conhecimento pode ser explicitado e acessado conscientemente, ao passo em que o aprendiz se esforça para argumentar informações que estão implícitas em seus procedimentos, porém, sem abandonar seu domínio procedimental. Esse domínio, muitas vezes, se caracteriza como um processo automático, em que o aprendiz realiza ações corretas ou coerentes, mesmo sem ter consciência do que faz. Apesar disso, esse tipo de conhecimento também faz parte do processo de aprendizagem. Ambas as formas de conhecimento, procedimental e de explicitação, são pertinentes para que ocorram transformações cognitivas da informação armazenada na mente do aprendiz (Oliveira, 2009). Contudo, a essência da aprendizagem conceitual está na explicitação, pois é ela que possibilita ao aprendiz compreender e expressar suas reflexões e estratégias próprias (Karmiloff-Smith, 2010)

Esse domínio, muitas vezes, se caracteriza como um processo automático, em que o aprendiz realiza ações corretas ou coerentes, mesmo sem ter consciência do que faz. Apesar disso, esse tipo de conhecimento também faz parte do processo de aprendizagem. Ambas as formas de conhecimento, procedimental e de explicitação, são pertinentes para que ocorram transformações cognitivas da informação armazenada na mente do aprendiz (Oliveira, 2009). Contudo, a essência da aprendizagem conceitual está na explicitação, pois é ela que possibilita ao aprendiz compreender e expressar suas reflexões e estratégias próprias (Karmiloff-Smith, 2010).

De maneira geral, essas convergências que identificamos têm apontado para a ideia de que uma forma de conhecimento não é entendida em detrimento da outra, pois a capacidade de explicitação do conhecimento é considerada como atrelada ao desenvolvimento procedimental.

- **Convergência 6** – *A linguagem verbal tem papel de destaque dentre as demais representações.*

Nessa convergência identificamos posições a respeito do papel de destaque da linguagem verbal, seja oral seja escrita, dentre as demais formas representacionais.

Sobre esse posicionamento, a Teoria dos Campos Conceituais revela que *“As formas predicativas do conhecimento são mais analíticas que as formas operatórias do conhecimento que utilizamos na ação, mesmo que, paradoxalmente, são as formas operatórias as fontes das formas predicativas”* (Vergnaud & Moreira, 2017, p. 46). Apesar de a forma operatória ser relevante por subsidiar a forma predicativa, esta tem um papel de destaque em relação àquela devido ser mais analítica. Isso significa que a forma predicativa do conhecimento, apresenta maior potencialidade de comunicação e de alcance conceitual em situações diversas. Segundo Vergnaud (1990), a linguagem verbal também está presente no conhecimento operatório, pois, mesmo que mentalmente, verbalizamos uma sequência de ações ao lidarmos com alguma situação.

Na Diversidade Representacional a linguagem verbal é tida como o sistema modelador primário, a partir do qual outros sistemas semióticos são derivados:

“Para Lotman (apud Eco, 2003, p. 152), a linguagem oral, ou de maneira geral, a linguagem verbal poderia ser definida como o sistema modelizante primário do qual os demais são derivados. Ela é a maneira mais adequada através da qual o homem traduz especularmente os seus pensamentos, de modo que falar e pensar seriam áreas privilegiadas do investigar semiótico. Toda experiência humana e todo conteúdo exprimível por meio de outros artifícios semióticos deveriam poder ser traduzidos em termos verbais, sem que o inverso fosse possível” (Laburú & Silva, 2011b, p. 25).

Por Duval (2009), além de ser capaz de abranger todas as funções discursivas, a linguagem verbal permite acesso mais próximo aos pensamentos do aprendiz, pois depende menos de inferências do que outros sistemas semióticos. Ainda, qualquer representação pode ser traduzida em linguagem verbal, enquanto nem sempre o processo inverso é possível.

Segundo o modelo teórico Redescrição Representacional, o mais alto nível de explicitação é atingido quando o aprendiz é capaz de expressar o seu conhecimento em linguagem verbal:

“Embora os diferentes códigos estejam todos envolvidos nesse processo de tradução, o código que prevalece na redescrição E-iii é abstrato (alguma forma de “mentalês”), que não sofre limitações espaciais, temporais e causais, inerentes à maioria dos outros códigos representacionais. Logo, esse código abstrato é mais receptivo à codificação linguística do que outros códigos, o que explica porque, no final, o conhecimento metacognitivo está frequentemente disponível de forma verbalizável” (Karmiloff-Smith, 2010, p. 420).

Para Karmiloff-Smith (2010), dentre os diferentes códigos, ou seja, dentre as diferentes formas representacionais envolvidas no processo de redescrição e, conseqüentemente, na passagem por entre os níveis de explicitação, a linguagem verbal se destaca por ser um código mais abstrato, produto de recorrentes redescrções, que melhor indica o acesso consciente do conhecimento.

A partir das três perspectivas teóricas evidenciamos convergências a respeito das atribuições da linguagem verbal que a colocam em posição de destaque se comparada a outras representações. Dentre essas atribuições, encontramos defesas de que a linguagem verbal melhor atende a fins comunicacionais, é capaz de direcionar o conhecimento procedimental e a construção de novas representações, tem a potencialidade de integrar diversificadas representações e contraí-las em um código único e, ainda, quando construída na forma de um discurso sólido, coerente e genuíno, a linguagem verbal expressa com maior precisão a aprendizagem construída e o acesso consciente ao conhecimento do que outras representações.

- **Convergência 7** – *Diferentes níveis cognitivos de representações não conscientes e acesso consciente nem sempre é passível de ser exteriorizado.*

Abrangemos, nessa convergência, colocações que caracterizam o processamento cognitivo como progressivo e relacionado ao acesso consciente ao próprio conhecimento. Dentre as colocações, encontramos que os referenciais advogam em comum que o acesso consciente nem sempre implica na explicitação do conhecimento.

De acordo com a Teoria dos Campos Conceituais, *“Para maior clareza é preciso distinguir diferentes níveis de consciência das regras de ação, ou melhor, das “regras de produção das ações do sujeito” [...]. Algumas dessas regras são conscientes, evidentemente, mas elas podem ser inconscientes [...]”* (Vergnaud, 2009, p. 313). Assim, Vergnaud (2009) defende que existem diferentes níveis de acesso consciente do sujeito às regras que direcionam as suas ações, porém, algumas delas podem ser não conscientes. Em concordância com o que foi apresentado na descrição da convergência 2, os níveis de acesso não consciente estão relacionados ao fato de que a explicitação de conhecimentos nem sempre é um processo trivial.

Para a Diversidade Representacional, *“Uma representação interna pode ser consciente ou não consciente, enquanto que uma representação consciente pode ser, ou não, exteriorizada”* (Duval, 2009, p. 43). Afirma-se, portanto, que

“A passagem do não-consciente (sic) ao consciente corresponde a um processo de objetivação para o sujeito que toma consciência. A objetivação corresponde à descoberta pelo próprio sujeito do que até então ele mesmo não supunha, mesmo se outros lhe houvessem explicado. [...] A significação é a condição necessária de objetivação para o sujeito, isto é, da possibilidade de tomar consciência” (Duval, 2009, p. 40-41).

Segundo Duval (2009), o nível de acesso consciente é atingido quando o próprio sujeito descobre o objeto de conhecimento, a partir de significações que o atribui por meio de um processo de objetivação. Ele defende, ainda, a existência de representações internas conscientes e não conscientes e que, dentre as representações conscientes, nem sempre elas são exteriorizadas, como o caso da representação mental.

Em complemento, Radford (2006) explica que a generalidade, um dos aspectos da abstração, passa por diferentes níveis progressivamente atingidos à medida que acontecem contrações semióticas. Essas contrações são responsáveis por conduzir o aprendiz ao acesso de formas mais profundas de consciência a respeito de seu próprio conhecimento, a partir da redução de uma grande quantidade de sistemas semióticos a um número mínimo. Para que ocorra a contração semiótica, é imprescindível o estabelecimento de vínculos entre representações distintas de um mesmo referente, de modo que as significações deste referente possam emergir e ser integradas em sistemas semióticos cada vez mais abstratos, conduzindo o sujeito ao acesso consciente do seu próprio conhecimento.

A ideia de contração semiótica de Radford (2006) vai ao encontro das defesas de Karmiloff-Smith (2010) a respeito do processo de redescrição representacional, caracterizada como um procedimento de re-representação que igualmente demanda do estabelecimento de vínculos representacionais em que se espera que o aprendiz atinja a capacidade de re-representar determinado conhecimento em um código linguístico considerado como mais abstrato dentre outros códigos representacionais, capaz de servir para fins comunicacionais e para o acesso consciente da cognição.

No modelo teórico Redescrição Representacional, há a posição que “[...] *no presente modelo, a consciência é uma propriedade emergente do sistema cognitivo geral e de seus processos de gradual explicitação representacional*” (Karmiloff-Smith, 2010, p. 472). Para Karmiloff-Smith (2010), o processo de redescrição, que caracteriza a passagem entre níveis progressivos de explicitação, envolve vínculos entre “re-representações” distintas de um mesmo referente, em que esses vínculos dependem de significações que são atribuídas e integradas para a elaboração de “re-representações” cada vez mais abstratas. É esse o processo que conduz o aprendiz a, gradativamente, atingir o acesso consciente do seu próprio conhecimento. Contudo, mesmo ao atingir o acesso consciente, nem sempre ele é capaz de explicitar os conhecimentos ensinados. Essa é uma característica do aprendiz que se encontra no nível E-ii.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho buscou compreender o papel das representações para a aprendizagem conceitual em Ciências e Matemática, a partir da identificação de leituras convergentes entre a Teoria dos Campos Conceituais e os modelos baseados na Diversidade Representacional e na Redescrição Representacional. A partir de sete convergências identificadas, evidenciamos que as representações apresentam aspectos similares entre elas e o referente, bem como entre diferentes representações de um mesmo referente, para que seja possível a realização de atividades cognitivas diversas, tais como a de tradução, a de tratamento e as trocas representacionais. Contudo, não há redundâncias entre essas representações e entre cada uma delas em relação ao que referencia, e é essa característica que as tornam complementares e fundamentais para atender diferentes propósitos educacionais, bem como preferências e habilidades próprias de cada aprendiz), valorizando seus conhecimentos previamente construídos que, por sua vez, são fundamentais para a construção de novas aprendizagens.

Identificamos nos referenciais, ainda, convergências que mostram que as representações externas são um meio de o aprendiz explicitar indícios de suas representações mentais, de comunicar, realizar procedimentos e desenvolver cognitivamente. Portanto, representações estão presentes em todo o momento de aprendizagem, desde a formação das primeiras representações mentais e primeiros tratamentos realizados sobre representações, até níveis cada vez mais elevados de exteriorização e expressão do conhecimento.

Os níveis mais elevados são atingidos quando o aprendiz realiza, coordenadamente, o estabelecimento de vínculos entre uma representação e outra, de modo que seja possível utilizá-las de maneira simultânea e oportuna. Dessa forma, para além do domínio de procedimentos, o aprendiz será capaz de atingir o domínio declarativo e o acesso consciente de sua própria aprendizagem. Para bem compreender os motivos de seus procedimentos, o aprendiz precisa estabelecer relações entre as diversas “re-representações” do conteúdo conceitual para que seja capaz de explicitar seus conhecimentos. Para realizar essa explicitação, identificamos que a linguagem verbal tem papel de destaque dentre outros sistemas semióticos: i) por melhor atender a fins comunicacionais; ii) por direcionar o conhecimento procedimental e a construção de novas representações; iii) devido outros sistemas semióticos poderem ser integrados e contraídos em linguagem verbal e iv) devido um discurso consistente, claro e genuíno ser capaz de manifestar mais claramente a aprendizagem construída e o acesso consciente ao conhecimento.

Ainda que reconheçamos a existência de divergências entre os três referenciais teóricos adotados neste trabalho, o conhecimento a respeito das convergências teóricas que identificamos proporciona a

professores e a pesquisadores da área de educação científica e matemática maiores informações e possibilidades de reflexões a respeito do processo educacional e dos seus diversos referenciais, pois elas sugerem que a análise das aprendizagens construídas por estudantes incide, principalmente, sobre os conceitos subjacentes às suas produções e na maneira que significam as diferentes representações e suas inter-relações para eles.

A importância dos referenciais e das confluências de seus conceitos é apontar que nem sempre essas aprendizagens são claramente explicitadas pelos estudantes e, por isso, cabe ao professor instigá-los a desenvolver variadas representações para a realização de seus procedimentos e discursos, bem como estar atento às “pistas” que serão manifestadas por eles por meio dessas representações. Dessa forma, as convergências teóricas que apontamos possibilitam subsidiar uma infinidade de pesquisas futuras nas áreas de educação científica e matemática voltadas para a sala de aula de diferentes níveis de ensino, no intuito de fornecer a professores possibilidades avaliativas que contribuam para a identificação de aprendizagens conceituais dos estudantes, que são manifestadas por eles na forma de indícios, a partir de seus procedimentos e discursos. Do mesmo modo, o estudo realizado e apresentado neste trabalho possibilita subsidiar pesquisas que possam fornecer a professores possibilidades metodológicas e didáticas para auxiliar estudantes a realizarem essas manifestações de aprendizagens conceituais (por eles construídos ou em construção) de forma mais explícita e consciente.

Agradecimentos

Carlos Eduardo Laburú agradece ao CNPq-Brasil (301582/2019-0).

REFERÊNCIAS

- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33, 131-152. [https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(99\)00029-9](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(99)00029-9)
- Duval, R. (2009). *Semiósis e pensamento humano*: Registros semióticos e aprendizagens intelectuais. São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Duval, R. (2012). Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento. (Trad.: Moretti, M. T.). *Revemat*, 7(2), 266-297. <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2012v7n2p266>
- Eco, H. (2003). *Tratado geral de semiótica*. São Paulo, SP: Perspectiva.
- Ertmer, P., & Newby, T. (1996). The expert learning: strategies, self-regulated and reflective. *Instructional Science*, 24, 01-24. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/225987861_The_expert_learner_Strategic_self-regulated_and_reflective#fullTextFileContent
- Greca, I. M., & Moreira, M. (2003). A. Do saber fazer ao saber dizer: uma análise do papel da resolução de problema na aprendizagem conceitual de Física. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, 5(1), 52-67. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/epec/a/6vBp7RKLw8ytjS7HR3qmjPn/?format=pdf&lang=pt>
- Karmiloff-Smith, A. (1994). *Más allá de la modularidad*: la ciencia cognitiva desde la perspectiva del desarrollo. (Versión española de J. C. G. Crespo y M. N. Bernardos). Madrid, España: Alianza Editorial.
- Karmiloff-Smith, A. (2010). Dos meta-processos ao acesso consciente: evidência a partir de dados metalinguísticos e de reparo produzidos por crianças. *Cadernos de Educação*, 35, 407-483. Recuperado de <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/caduc/article/view/1627/1510>
- Laburú, C. E., & Silva, O. H. M. (2011a). O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. *Ciência & Educação (Bauru)*, 17(3), 721-734. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/6GrfTGTCZ8F97RLtmfvCkWG/?format=pdf&lang=pt>
- Laburú, C. E., & Silva, O. H. M. (2011b). Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 7-33. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/244/170>

- Oliveira, R. M. L. (2009). *O que revelam os textos das crianças: atividades metalinguísticas na escrita infantil*. (Tese de doutorado em Linguística). Universidade Federal do Ceará, Ceará. Recuperado de http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/8879/1/2009_tese_rmloliveira.pdf
- Plaisange, E., & Vergnaud, G. (2003). *As ciências da educação*. São Paulo, SP: Edições Loyola.
- Prain, V., & Waldrip, B. (2006). An exploratory study of teacher's and students' use of multi-modal representations of concepts in primary Science. *International Journal of Science Education*, Abingdon, 28(15), 1843-1866. <https://doi.org/10.1080/09500690600718294>
- Radford, L. (2006). Algebraic thinking and the generalization of patterns: a semiotic perspective. In S. Alatorre, J. Cortina, M. Sáiz, & A. Méndez (Eds.), *Proceedings of the 28th Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (p. 2-21), México. Recuperado de https://cursos.mat.br/ARTIGOSeOUTROS/PA/Algebraic_thinking_Radford.pdf
- Radford, L., Edwards, L., & Arzarello, F. (2009). Introduction: beyond words. *Educational Studies in Mathematics*, 70(2), 91-95. Recuperado de <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10649-008-9172-y.pdf>
- Tytler, R., Prain, V., & Peterson, S. (2007). Representational issues in students learning about evaporation. *Research in Science Education*, 37(3), 313-331. <https://doi.org/10.1007/s11165-006-9028-3>
- Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches em Didactique des Mathématiques*, 10(23), 133-170. Recuperado de <https://revue-rdm.com/2005/la-theorie-des-champs-conceptuels/>
- Vergnaud, G. (2009). *A criança, a matemática e a realidade: problemas do ensino da matemática na escola elementar*. Curitiba, PR: UFPR.
- Vergnaud, G., & Moreira, M. A. (2017). *O que é aprender? O iceberg da conceitualização*. Porto Alegre, RS: GEEMPA.

Recebido em: 28.01.2021

Aceito em: 09.08.2021