

COORDENAÇÃO E MULTIPLICIDADE REPRESENTACIONAL EM UMA ATIVIDADE DE FUNÇÃO DO 1º GRAU

Carlos Eduardo Laburú¹
Renata Aparecida de Faria²

Resumo: Neste artigo apresentamos uma das atividades componentes de uma pesquisa mais abrangente, que investiga a integração de multimodos e múltiplas representações e a coordenação de representações semióticas no ensino de Matemática. A pesquisa está fundamentada nos referenciais dos Multimodos e Múltiplas Representações – com destaque as Funções Pedagógicas apresentadas por uma nova representação-e na Teoria dos Registros de Representação Semiótica. O objetivo foi investigar a mobilização e a coordenação de diferentes representações semióticas do objeto matemático Função do 1º Grau. A atividade foi desenvolvida em uma Escola Pública na cidade de Cambé - Norte do Paraná, no ano de 2016, com uma turma do 1º ano do Ensino Médio sendo a autora docente dos estudantes aqui retratados. As interações dialógicas ocorridas no desenvolvimento das atividades e gravadas em áudio, em conjunto com anotações de observações da pesquisadora permitiram a inferência das Funções Pedagógicas de complementar, restringir e/ou complementar a cada nova representação, o tratamento, conversão e coordenação entre registros de representações, além da natureza e forma de cada registro de representação.

Palavras-chave: Função do 1º Grau, Integração Multimodal, Registros de Representação Semiótica.

COORDINATION AND REPRESENTATION MULTIPLICITY IN A FUNCTIONAL ACTIVITY OF THE 1ST LEVEL

Abstract: In this article we present one of the component activities of a more comprehensive research, which investigates the integration of multimodes and multiple representations and the coordination of semiotic representations in the teaching of Mathematics. The research is based on the references of the Multimode and Multiple Representations - with emphasis on the Pedagogical Functions presented by a new representation - and in the Theory of Semiotic Representation Registers. The objective was to investigate the mobilization and coordination of different semiotic representations of the mathematical object Function of the 1st Degree. The activity was developed in a Public School in the city of Cambé - North of Paraná, in the year 2016, with a class of the 1st year of High School being the teaching author of the students here portrayed. The dialogic interactions that took place in the development of the activities and recorded in audio, together with annotations of observations of the researcher allowed the inference of the Pedagogical Functions to complement, restrict and / or complement each new representation, treatment, conversion and coordination between records of representations, as well as the nature and form of each representation record.

Keywords: 1st Degree Function, Multimodal Integration, Semiotic Representation Registers.

Introdução

¹Prof. Dr. Programa de Ensino de Ciências e Educação Matemática PECM- Universidade Estadual de Londrina (UEL) - Departamento de Física-Bolsista CNPq - E-mail: laburu@uel.br

²Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática- PECM- Universidade Estadual de Londrina (UEL) - E-mail: renata.faria73@hotmail.com

No ensino de Matemática, a utilização de representações por vezes é intuitiva, não intencional, e pode gerar dúvidas aos estudantes quanto à articulação das diversas formas que um objeto matemático pode ser representado. A Matemática se distingue de outras disciplinas quanto ao modo de acesso aos objetos do conhecimento, pois diferentemente dos outros domínios do conhecimento científico, os objetos matemáticos não são acessíveis de modo perceptível ou microscopicamente, por exemplo, com um microscópio, ou instrumentos ópticos, aparelhos de medida, dentre outros.

O acesso aos objetos passa necessariamente por representações semióticas³ (DUVAL, 2003). No entanto, o objeto matemático não pode ser confundido com a representação semiótica utilizado para representá-lo. Desse modo, como não confundir o objeto com sua representação?

É a possibilidade de multiplicidade representacional de um mesmo objeto que permite responder à questão. Uma representação semiótica é produzida intencionalmente pela mobilização de um sistema semiótico de representação, sendo a língua natural o primeiro sistema semiótico (DUVAL, 2011).

A multiplicidade de registros de representação é justificada pelo fato de que, em cada tipo de registro de representação um aspecto do objeto matemático é evidenciado. Por exemplo, o zero de uma função pode ser visualizado mais facilmente no registro gráfico do que no registro algébrico.

Ao oportunizar variedades de representações de um conceito, o estudante pode recodificar as representações de diferentes modos, refinando e tornando sua compreensão mais explícita.

A importância de um ensino baseado em uma multiplicidade de modos e representações vem ao encontro da afirmativa de Duval (2011) de que a partir da mobilização e coordenação, ou seja, o reconhecimento do mesmo objeto matemático em diferentes representações, que reside na maioria dos casos, o sucesso de aprender ou não. Em consonância a isso, uma nova representação pode vir a complementar, limitar uma interpretação errônea e/ou aprofundar um conhecimento (AINSWORTH, 1999; 2006).

³Caracterizadas como externas conscientes, as representações semióticas possuem a função de objetivação, expressão e de tratamento intencional fundamental para a aprendizagem (DUVAL, 2004, 2012).

Acrescentamos ainda que ensinar é um processo dialógico perpassado por uma pluralidade representacional (LEMKE, 2003; LORENCINI, 2000; MORTIMER; SCOTT, 2002) e que o estímulo às múltiplas representações favorece o processo de ensino e aprendizagem, pois a ideia de que em cada representação (imagética, verbal, gestual, dentre outras) uma face do conceito pode ser explorada, auxiliando o professor a identificar se o aluno evoluiu de um estado conceitual para outro (LABURÚ; SILVA, 2011).

Neste artigo apresentamos uma das 6 (seis) atividades contempladas na investigação a respeito de *quais representações são mobilizadas em situações de ensino do objeto matemático Função do 1º Grau, mediadas por interações dialógicas*, a partir da integração de aspectos da Teoria dos Registros de Representação Semiótica e das Funções Pedagógicas das Múltiplas Representações, desempenhadas por cada representação, respectivamente propostas por Duval (2004; 2011) e Ainsworth (1999; 2006).

Além desta introdução, o texto está estruturado em 5 seções. Na primeira seção apresentamos descrições da Teoria dos Registros de Representação Semiótica e exemplos de representações de uma Função do 1º grau. Em seguida encontram-se as ideias dos Multimodos e Múltiplas Representações e as Funções Pedagógicas das Múltiplas Representações, além de aspectos do processo discursivo. Na terceira seção enunciamos a integração entre referenciais. Na seção seguinte definimos os aspectos metodológicos que embasaram nossa pesquisa. Na quinta seção apresentamos a descrição da atividade e a análise desenvolvida. Finalizamos com as considerações finais.

Teoria dos Registros de Representação Semiótica

Em meados dos anos 1990, Raymond Duval, um psicólogo cognitivista desenvolveu a Teoria dos Registros de Representação Semiótica, a qual evidencia a importância das representações no ensino e aprendizagem em Matemática. Primeiramente, os objetos matemáticos não são diretamente observáveis, visto que eles não têm existência física e sua apreensão só é possível por meio de representações.

Além disso, existe uma grande variedade de representações semióticas possíveis para serem utilizadas (língua natural, gráficos, linguagem algébrica, figuras geométricas, entre

outras), que podem ser transformadas (a partir das atividades cognitivas de tratamento e conversão) em outros registros de representações que forem mais econômicos cognitivamente na resolução de um dado problema, conservando o mesmo objeto matemático (COLOMBO; MORETTI, 2008).

A possibilidade de reconhecimento de um objeto matemático ocorre nas representações elaboradas em diferentes sistemas de registros. A linguagem, por exemplo, é um registro e não um código, em que os códigos seriam as letras (DUVAL, 2011).

Duval enfatiza que as representações semióticas se constituem pelo emprego de signos⁴ que pertencem a um sistema de representação com dificuldades próprias de significado e funcionamento, e são intrínsecas ao processo de ensino e aprendizagem em Matemática, independentemente do nível de ensino.

São as representações semióticas que possibilitam o contato com uma pluralidade de representações, como, por exemplo, as figuras geométricas, a escrita algébrica, as línguas. O que podemos fazer com os objetos matemáticos é descrevê-los, defini-los, denotá-los, denominá-los, desenhá-los, entre outros, isto é, fornecer representações semióticas (D'AMORE, 2015).

Para Duval (2003), a originalidade da atividade matemática está na mobilização simultânea de ao menos dois registros pertencentes a diferentes sistemas de representação, além da possibilidade de conversão a todo o momento de representação de um objeto matemático em diferentes registros.

Na medida em que a Matemática tende a diversificar os registros de representação, sua aprendizagem específica pode contribuir fortemente para o desenvolvimento das capacidades cognitivas globais do indivíduo. [...] a aquisição de tal ou tal noção particular é provavelmente o aporte maior que se pode esperar da aprendizagem matemática para sua educação (DUVAL, 2003, p.29-30).

Os registros de representação mais comumente utilizados no ensino de Função do 1º

⁴A Teoria Geral dos Signos de C.S. Peirce apresenta a tríade signo/objeto/interpretante e a relação entre esses elementos. Nesta pesquisa, não serão enfatizadas as noções propostas por Peirce, porém entendemos ser importante destacarmos que “Um signo, ou *representamen* é aquele que, sob certo aspecto ou modo, representa algo para alguém. [...] O signo representa alguma coisa, seu objeto. Representa esse objeto não em todos os seus aspectos, mas com referência a um tipo de ideia que eu, por vezes, denominei fundamento do *representamen*” (SANTAELLA, 1995).

Grau, assim como de outros tipos de funções, são os registros algébricos, em língua natural (descritivo escrito) e o gráfico, além dos registros tabular e imagético⁵.

A seguir, apresentamos um exemplo de Função do 1º grau nos registros de representação descritivo escrito, imagético, algébrico e tabular. Em uma mesa quadrada podem ser colocadas 4 (quatro) cadeiras. Para otimizar um determinado espaço, as mesas foram colocadas encostadas umas nas outras conforme figura a seguir. Quantas cadeiras serão necessárias para 3 mesas encostadas umas às outras?

Figura 1: Exemplos representações da função $c(m) = 2m + 2$

 <p>Representação Imagética</p>	$c(m) = 2m + 2$ <p>Representação Algébrica</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>m</th> <th>c(m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table> <p>Representação Tabular</p>	m	c(m)	1	4	2	6	3	8
m	c(m)									
1	4									
2	6									
3	8									

Fonte: a autora

O registro de uma representação pode ser considerado semiótico quando permitir a formação de uma nova representação identificável, um tratamento de um registro de representação e uma conversão desse registro de representação.

Caracteriza-se como formação, a compreensão dos signos que compõem a representação semiótica, possibilitando a identificação da representação de um registro, a partir de um sistema de representação estabelecido socialmente, como, por exemplo, a enunciação de uma frase, a composição de um texto, o desenho de uma figura geométrica ou um gráfico cartesiano.

Os tratamentos são transformações de representações dentro de um mesmo sistema de representação. Por exemplo, efetuar um cálculo ficando estritamente no mesmo sistema de escrita ou de representação (DUVAL, 2003). Os procedimentos de justificação do objeto de estudo matemático dentro de um mesmo registro são considerados tratamento, como, por

⁵ Ressaltamos que este tipo de Registro de Representação não é caracterizado por Duval, porém é considerado um multimodo representacional.

exemplo, efetuar um cálculo somente na escrita aritmética.

Apresentamos um Sistema de Equações Lineares, que exemplifica a Transformação Semiótica de Tratamento, o novo registro permanece no mesmo sistema de representação (algébrico).

$$\begin{cases} y - 2x = -1 & \text{(I)} \\ y - x = 1 & \text{(II)} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} y = 1 + x & \text{(III), substituindo em (I)} \\ 1 + x - 2x = -1 \\ -x = -2 \cdot (-1) \\ x = 2 & \text{, substituindo em (II)} \\ y = 3 \end{cases}$$

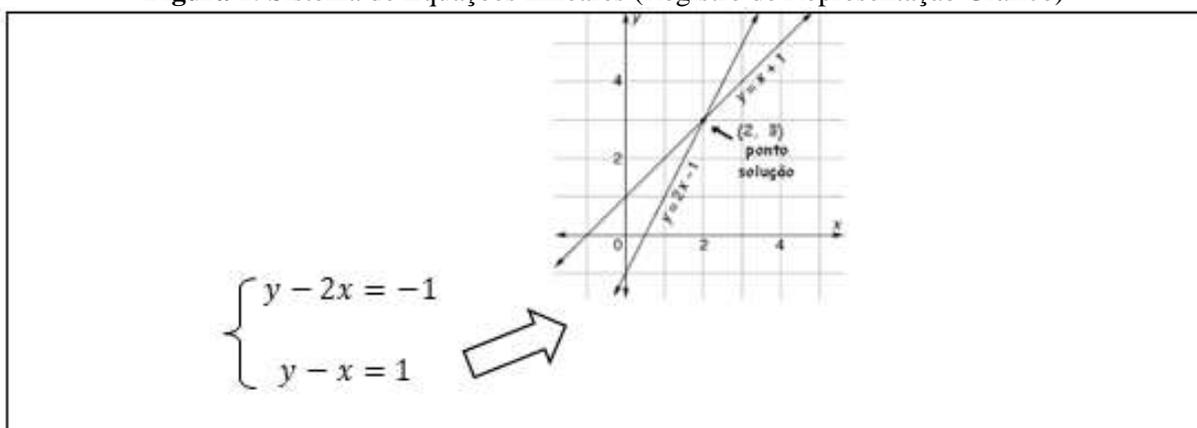
$S = (2,3)$

A transformação semiótica de conversão consiste na transformação de uma representação em outro sistema de representação denotando o mesmo objeto matemático.

Converter em um sentido não implica necessariamente na possibilidade do aluno fazê-lo no sentido inverso (DUVAL, 2011), ou seja, converter de uma representação gráfica para uma representação algébrica pode não apresentar o mesmo sucesso que converter da representação algébrica para a representação gráfica, por exemplo.

A transformação semiótica de conversão caracteriza-se, conforme o exemplo do Sistema de Equações Lineares apresentado anteriormente no registro de representação algébrica ser representado também graficamente para indicar a solução do sistema $S = (2,3)$.

Figura 2: Sistema de Equações Lineares (Registro de Representação Gráfico)



Fonte: a autora

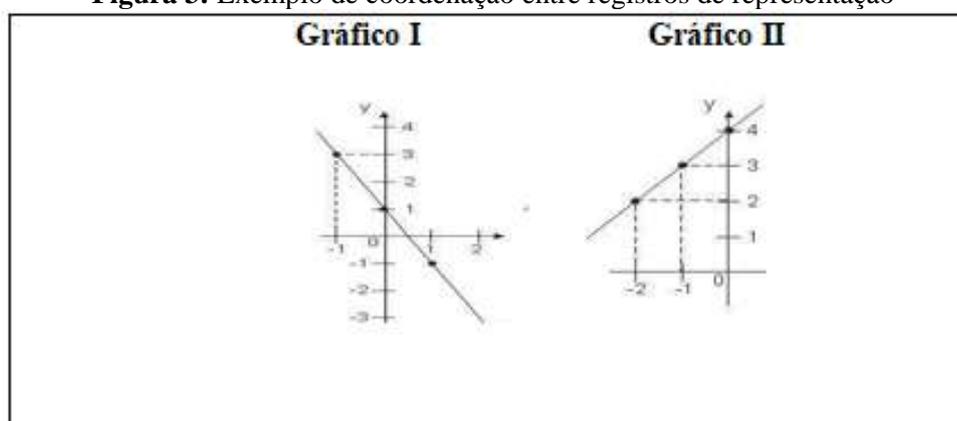
A coordenação por sua vez, é a manifestação da capacidade do indivíduo em



reconhecer um mesmo objeto a partir da mobilização dos dois ou mais registros de representação distintos e permite extrapolar as limitações de um registro, pois o mesmo pode não contemplar a totalidade de características do objeto matemático.

Propiciar a diversidade de registros, segundo Duval (2011) conduz a uma opção pelo registro de menor custo cognitivo para o aluno.

Figura 3: Exemplo de coordenação entre registros de representação



Fonte: a autora

a) A tabela a seguir refere-se a qual gráfico?

x	-1	0	1	2	3
f(x)	3	1	0	-3	-5

b) A expressão algébrica $f(x) = -2x + 1$ é de qual gráfico?

c) A inclinação da reta em relação ao eixo Ox do gráfico _____ é -2.

d) Para $f(x) = 0$ temos $x = -4$, no gráfico _____.

No exemplo anterior, as funções $f(x) = x + 4$ e $f(x) = -2x + 1$ estão representadas em sistemas de representação semióticos diversos – gráfico, algébrico, tabular – em que a relação correta do registro de representação gráfico com a tabela e/ou expressão algébrica indica a coordenação.

Duval (2011) apresenta duas características fundamentais que permitem distinguir um registro de representação, ou seja, quanto sua natureza - discursivo/não discursivo – e quanto sua forma - monofuncional/multifuncional. Salientamos que os registros multifuncionais não são algoritmizáveis, como por exemplo, a língua natural ou figuras geométricas. Nos registros

monofuncionais os tratamentos são principalmente algoritmos, por exemplo, nos sistemas numéricos, algébrico ou gráficos cartesianos.

As 4 (quatro) combinações decorrentes das características quanto à natureza e forma dos registros e representação, juntamente com as transformações de tratamento e conversão, e indícios de coordenação foram consideradas na análise da atividade proposta.

Multimodos, Multiplicidade Representacional e o Processo Discursivo

Os multimodos representacionais devem ser compreendidos como os meios ou recursos perceptivos, nos quais as diversas formas representacionais podem ser expressas, pensadas, comunicadas ou executadas (RADFORD; EDWARDS; ARZARELO, 2009). Formar representações multimodais em um mesmo conceito é consistente com a natureza do discurso científico, em suas possibilidades de ressignificação.

A partir da variedade de abordagens (PRAIN; WALDRIP, 2006), os estudantes devem ser capazes de transitar de maneira coordenada entre as representações envolvidas com o conhecimento científico.

Um ensino pautado na pluralidade de representações, juntamente com um discurso integrador constitui um mecanismo pedagógico fundamental, na medida em que aprimora consideravelmente o processo de significação e oferece procedimentos variados de interpretação e entendimento (LABURÚ; SILVA, 2011).

A multiplicidade representacional pode ser entendida como a integração, no discurso científico, de diferentes modos de representar⁶ o raciocínio, os processos e as descobertas científicas, com a finalidade de que os alunos apropriem o significado dos conceitos, conforme forem compreendendo as diferentes formas representacionais desse discurso (TYLER; PRAIN; PETERSON, 2007).

No processo de diálogos entre os envolvidos no ensino e aprendizagem de um conceito, a linguagem é um modo representacional privilegiado, pois media outros modos representacionais. Ao convergir as interações dialógicas com observação do que o aluno faz

⁶Refere-se à prática de rerepresentar um mesmo conceito de várias maneiras ou em diferentes linguagens, sejam elas descritivas (verbal, gráfica, tabular, diagramática, fotográfica por mapas ou cartas), experimentais e matemáticas, figurativas (pictórica, por analogia e/ou metafórica), gestuais ou corporais.

ao ser confrontado com representações de diferentes situações, é possível descobrir o grau de conexões conquistadas na aprendizagem.

Propor situações em que o estudante possa apresentar seu entendimento de maneira oral ou escrita, cria-se a possibilidade para que seus conhecimentos se coordenem, organizem, estruturam e se aprimorem, sempre que traços-chave, ligações internas e entre representações sejam identificados, priorizados e novamente elaborados pelos estudantes (LABURÚ; SILVA, 2011).

O discurso entre professor e aluno (ou aluno/ aluno), pode ser categorizado em classes da abordagem comunicativa, a partir de duas dimensões: interativo ou não interativo e dialógico ou de autoridade. A combinação destas dimensões resulta em discursos dos seguintes tipos: Interativo/dialógico, Não-interativo/dialógico, interativo/de autoridade e Não-interativo/de autoridade (MORTIMER; SCOTT, 2002, p.283-306).

Neste trabalho consideramos a combinação interativo /dialógico - em que professor e estudantes exploram ideias, formulam perguntas autênticas, oferecem, consideram e trabalham diferentes pontos de vista – como recorrente no desenvolvimento das atividades.

Funções Pedagógicas de uma Representação

A utilização de representações não se limita a ambientes educacionais. Em atividades rotineiras, as representações externas auxiliam na resolução de problemas sendo empregadas em diversas áreas do conhecimento humano.

O termo Representação Externa⁷ compreende uma gama de representações, como modelos proposicionais, sentenças em linguagem natural, sentenças em linguagens formais, tabelas, listas, mapas, esquemas, desenhos, gráficos, animações. Acrescentamos como exemplo de representação externa, simulações em 3D de realidade aumentada em suportes digitais.

Nos anos 1990, Shaaron Ainsworth propôs o uso das Múltiplas Representações Externas, como diretrizes na construção de estratégias de ensino e no auxílio à aprendizagem

⁷ COX, R.; BRNA, P. Supporting the use external representations in problem solving: the need for flexible learning environments. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 6(2) p.239 – 302, 1995.

de diversos conceitos, a partir de ambientes digitais de aprendizagem.

No artigo intitulado DeFT⁸ a autora propõe, que diversas dimensões são combinadas para influenciar a aprendizagem dos alunos. A estrutura das Funções Pedagógicas das Múltiplas Representações Externas, além de orientar os designers produtores de ambientes digitais de aprendizagem, também pode ser utilizada como um parâmetro de verificação e análise do processo de ensino e aprendizagem.

A partir da proposta de Ainsworth (1999, 2006) delimita-se uma taxonomia que reforça as Funções Pedagógicas das Múltiplas Representações, em que uma nova representação pode: complementar, restringir e/ou aprofundar um conhecimento.

Para uma nova representação ser caracterizada como *complementar* espera-se o apoio aos processos cognitivos e a junção das vantagens na utilização das múltiplas representações, quanto aos benefícios individuais de cada representação, e as estratégias na resolução das atividades e /ou tarefas.

Ademais, ao compartilhar informações, a redundância parcial das informações suporta novas interpretações, criando artefatos menos complicados, isto é, que a representação ao desempenhar a função pedagógica complementar, seja utilizada constantemente pelo estudante. Um exemplo de representação com a função pedagógica complementar é o uso do algoritmo da adição, ao ser utilizado de maneira constante pelo aluno para resolver diferentes situações-problemas.

Quando uma representação *limita*, ou seja, *restringi* a interpretação conceitual é porque a exploração de uma representação familiar apoia o raciocínio do aluno sobre o que é menos familiar. Ao restringir uma informação por familiaridade, há a viabilidade em auxiliar uma representação mais abstrata e alavancar a interpretação de outras desconhecidas e limitando possíveis interpretações errôneas. A função pedagógica de restringir também pode ser atribuída, quando uma representação é muito ambígua. A descrição de uma paisagem, por exemplo, é restringida por uma segunda representação mais específica ao ser representada por uma imagem.

⁸A conceptual framework for considering learning with multiple representations. A sigla é a combinação de Design (DeFT) a maneira como a informação é representada, Functions (F) as diferentes funções pedagógicas que as Múltiplas Representações podem possuir e Task(T) as tarefas cognitivas que o aluno realiza durante as interações com Múltiplas Representações.

A *construção* de uma compreensão mais profunda possibilita a promoção da abstração, fornecendo ao aluno uma rica fonte de interpretações de domínio, onde então ele aprofundará ou traduzirá referências a essas representações, da extensão (generalização) que pode ser considerado como uma forma de ampliar o conhecimento que o aluno já tem a novas situações, em que há uma associação entre as representações, porém sem evidencia da relação entre elas. Além disso, O uso em outro domínio e a relação entre duas ou mais representações podem ser introduzidas simultaneamente e a aprendizagem para interação entre elas é bidirecional.

As funções de complementar, restringir e/ou aprofundar um novo conhecimento, a partir de uma nova representação, não são excludentes, pois, uma mesma representação pode apresentar uma ou mais destas funções pedagógicas.

Integração dos Referenciais da Teoria dos Registros de Representação Semiótica e as Funções Pedagógicas

Segundo Duval (2009, p.81) “a mudança de registro constitui uma variável cognitiva que se revela fundamental em didática, ela facilita consideravelmente a aprendizagem ou pode oferecer procedimentos de interpretação”.

É nessa mudança de registro que se observam as funções pedagógicas das Múltiplas Representações Externas proposta por Ainsworth (2006), além de oferecer subsídios para dissociar o objeto matemático da sua representação.

O estudante, ao recorrer a outros registros de representação semiótica para realizar a transformação semiótica de conversão auxiliar na conversão, a partir da mobilização de uma ou mais representações do mesmo objeto matemático, pode ocorrer simultaneamente as Funções Pedagógicas destacadas por Ainsworth. Duval (1993) reforça que um registro complementa o outro, ou seja, um único registro por vezes não permite ao estudante a distinção entre objeto matemático e sua representação.

A complementação enquanto estratégia de resolução por ser de uso constante no entendimento conceitual do estudante, a função de restringir ao limitar uma interpretação errônea e/ou quando auxilia o estudante no reconhecimento do mesmo objeto matemático em

outros registros, ou seja, quando o aluno realiza a coordenação aprofundando seu conhecimento.

Alguns alunos demonstram mais facilidade em um tipo de registro de representação semiótica – a álgebra, por exemplo – recorrendo a outros registros para complementar ou restringir seu entendimento. Optar entre as representações semióticas $1/2$ ou $4/8$ no registro numérico em representações fracionárias, ao invés da representação imagética  pode ser consequência do estímulo, aos vários registros de representação de um mesmo objeto matemático.

[...] a escolha inicial de uma representação semiótica não é neutra, nem indiferente, como não o é a escolha das eventuais representações auxiliares na passagem de uma representação semiótica para outra. Se, por exemplo, estamos numa situação de comunicação, a escolha pode ser determinante para a eficácia comunicativa e para a construção cognitiva de um objeto matemático (D'AMORE, 2015, p.138).

Por sua vez, Ainsworth (2008) destaca que uma representação adequada pode contribuir decisivamente na aquisição do conhecimento, desde que seja apresentada de forma clara e contextualizada a dificuldade do aluno.

Em um artigo de 2008, Ainsworth apresentou o uso de um simulador em um ambiente computacional de aprendizagem a respeito de Força e Movimento, com animação de uma moto em movimento, gráficos relacionando velocidade por tempo e cálculos numéricos da fórmula da aceleração. Essas representações, com diferentes propriedades computacionais, apresentaram muitas possibilidades para apoiar a aprendizagem. Se toda essa informação fosse incluída em uma única representação, talvez não alcançasse os diferentes aspectos do fenômeno.

Múltiplas representações, neste caso, permitem que a informação diferente seja representada em formas que são mais adequadas às necessidades dos alunos.

O estímulo a novas representações de um mesmo conceito em situações de ensino contempla as intenções e intervenções do professor. Na observação do que o aluno faz, ao ser confrontado com as representações de diferentes situações, é possível descobrir o grau de conexões conquistadas durante a aprendizagem (LABURÚ; SILVA, 2011).

Esclarecemos que as interações dialógicas neste trabalho foram consideradas como um modo representacional fundamental para a caracterização das representações quanto as Funções Pedagógicas propostas por Ainsworth, de acordo com a mobilização de duas ou mais representação, a partir da transformação semiótica de conversão e possível coordenação.

Considerando os apontamentos anteriores a respeito dos referenciais teóricos a mobilização de duas ou mais representações do objeto matemático Função do 1º grau é que encaminhamos nossa investigação.

Contexto da pesquisa e coleta de informações

O presente trabalho possui natureza qualitativa, no sentido atribuído por Bogdan e Biklen (1994), com a finalidade de estudar os fenômenos em seu contexto natural, considerando suas especificidades e complexidades, e de cunho interpretativo, em que a não neutralidade do pesquisador que no processo interpretativo se vale de suas perspectivas e filtros vivenciais prévios.

A atividade⁹ foi desenvolvida com estudantes do 1ºano do Ensino Médio, em uma escola da Rede Estadual de Ensino localizada no Norte do Paraná, em que a pesquisadora é docente da turma aqui retratada e faz parte de uma investigação mais abrangente – composta por 6 (seis) atividades - que pretende responder a questão de pesquisa a respeito de quais representações semióticas são mobilizadas em atividades de elaboração de uma Função do 1º Grau.

Estas interações¹⁰ estão descritas após a resolução apresentada de cada estudante. A escolha da resolução de determinados estudantes deu-se a partir dos critérios de mobilização de duas ou mais representações no desenvolvimento da atividade.

O desenvolvimento da atividade e a coleta das informações tiveram duração de 2 (duas) aulas – cada aula tem duração de 50 minutos - e ocorreu na última semana de maio de 2016. Apresentamos neste trabalho, a resolução de 4 (quatro) estudantes, pois os mesmos mobilizaram dois ou mais registros de representação.

⁹ Denominada aqui como Atividade 5.

¹⁰ Nas transcrições das interações dialógicas a letra P refere-se a pesquisadora e a inicial ao nome do estudante em letra maiúscula (e a letra subsequente escrita em letra minúscula, no caso de nomes ou iniciais repetidas).

Utilizamos o diário de campo para registro das observações e aparelho *smartphone* e gravador, para gravação do áudio das interações dialógicas para posterior análise das gravações para validar as anotações da pesquisadora de maneira mais fidedigna e também como fonte de informações nas transcrições.

De acordo com as informações recolhidas, na análise consideramos primeiramente os aspectos conceituais da Função do 1º Grau, as resoluções dos estudantes e as interações dialógicas.

Em seguida analisamos a atividade a partir da Teoria dos Registros de Representação Semiótica em relação às transformações semióticas de tratamento, conversão e possível coordenação com destaque para a Natureza (Discursiva ou Não Discursiva) e Forma (Multifuncional ou Monofuncional) de cada registro de representação semiótica mobilizado pelos estudantes.

A atribuição de sentido quanto as Funções Pedagógicas das Múltiplas Representações (complementar, restringir e/ou aprofundar um conhecimento) foram inferidas a partir das interações dialógicas no decorrer do desenvolvimento da atividade.

Descrição e discussão da atividade

O objetivo desta atividade foi estimular a elaboração de uma Função do 1º Grau e sua resolução em pelo menos dois registros de representação semiótica. Ao mobilizarem registros variados de representação esperamos resoluções corretas de funções do tipo $f(x) = ax + b$, com $a \neq 0$ e/ou $f(x) = ax + b$, com $b = 0$, e que ocorra uma notação correta das variáveis dependente e independente, além da definição do domínio e imagem.

Apresentamos a resolução de 4 (quatro) estudantes – L, E, Ro e A - que ao elaborarem a função solicitada utilizaram dois ou mais registros de representações semióticas. As resoluções estão indicadas nas Figuras 1, 2,3 e 4, respectivamente a ordem dos estudantes anteriormente apresentados.

Ressaltamos que as setas presentes nas figuras representam as transformações semióticas de tratamento (seta vermelha) e conversão (seta azul).

Figura 4: Atividade 5

Elabore uma função do 1º grau e faça uma ou mais representações.

Fonte: a autora

Nos exemplos aqui contemplados temos diversos registros de representação da Função do 1º Grau mobilizados pelos estudantes em funções do tipo $f(x) = ax + b$, com $b \neq 0$. Há 1 (um) registro que apresentam domínio e imagem (estudante Ro), a regularidade em sequência nas representações com “figuras” (L, E e Ro), as variáveis dependente e independente no registro algébrico – apesar do registro algébrico errôneo dos estudantes E e Ro respectivamente que escreveram $B = F + 1$, ao invés de $B(F) = F + 1$ e $E = 2F + 1$, já que o correto seria $E(F) = 2F + 1$. O estudante A propôs uma situação-problema similar a situações discutidas por nós em sala de aula.

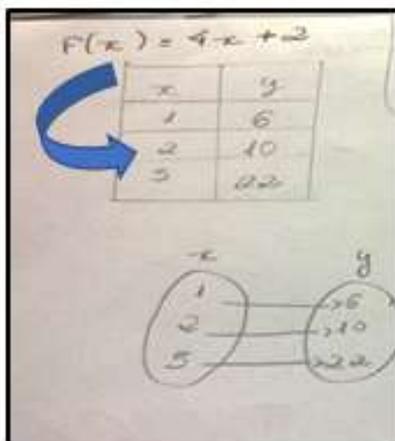
A presença da transformação semiótica de conversão foi provocada já de início na proposta da atividade. Nas resoluções dos estudantes E, Ro, L e A, temos exemplos da mobilização de registros de representação semiótica variados: algébrico, tabular, descritivo escrito, imagético que contemplam combinações de natureza e forma distintas.

Cinco estudantes mobilizaram registro gráfico nas funções que elaboraram, porém, com erro nas escalas utilizadas na confecção dos gráficos e nas conversões realizadas e 3 (três) utilizaram o registro de representação tabular. Na elaboração das funções do 1º Grau, a coordenação entre os registros de representação é evidenciada, pois é uma atividade que requer pelo menos a mobilização de dois registros e a possibilidade trocar de registro a todo o momento.

A seguir apresentamos as representações mobilizadas pelos estudantes L, E, Ro e A respectivamente, seguidas das interações dialógicas e da análise quanto aos aspectos da Teoria de Registros de Representação Semiótica e das Funções Pedagógicas proposta por Ainsworth. Assinalamos que as inferências das Funções Pedagógicas, a partir de uma nova representação, por vezes ocorreu de maneira subjetiva, subsidiada nas características de cada uma e na interpretação das interações dialógicas de cada estudante.

Estudante L

Figura 5: Representações Atividade 5 (Estudante L)



Fonte: resolução estudante L

P: O que você fez primeiro?

L: Essa do $f(x) = 4x + 2$... que fizemos do livro no x e y

P: E depois?

L: Então eu pensei multiplica o x por 4 e mais 2.... Daí a tabela é só "ligar" e ver que aumenta 4 (indica o 1 com o 6 e assim por diante) e como já sei a tabela, fiz pra ajudar.

P: E por que depois do 2 na coluna do x você foi para 5?

L: Ah, professora... é só pra testar aqui (indica a representação algébrica) ...e daí no diagrama é mesma coisa o domínio é o x e que chega no y que esqueci o nome...

P: É imagem...

L: Isso é imagem do 1, 2 e 5!!!

O estudante L apresentou um diagrama, uma representação algébrica e uma tabela para indicar a função $f(x) = 4x + 2$. Esses registros de representações utilizados pelo estudante L são classificados, enquanto sua natureza como discursivo (algébrica) e não discursivo (tabela). Quanto a forma indicamos a característica de monofuncional para o registro de representação algébrica e multifuncional para a tabela.

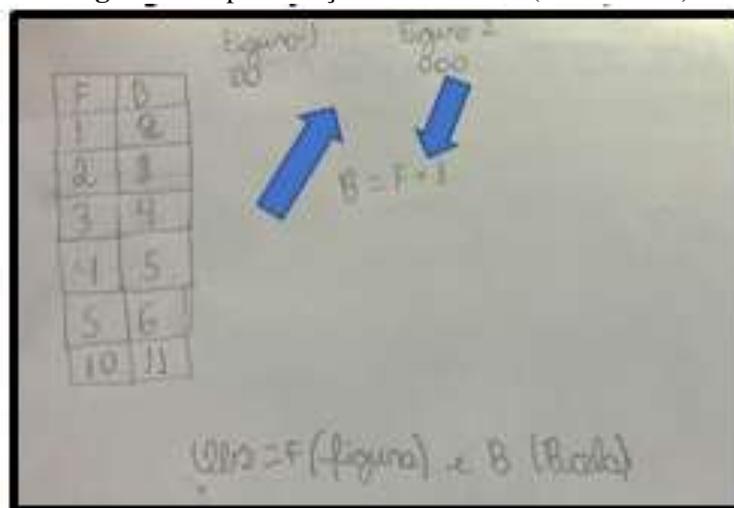
Consideramos a transformação semiótica de conversão entre os diferentes registros de representação – algébrica para tabela- conforme indicado na Figura 5.

A partir das interações dialógicas, especificamente a frase [...] *como já sei a tabela, fiz pra ajudar...*, inferimos para a representação tabular, a função de pedagógica de restringir, em que uma representação é utilizada ao limitar o entendimento do estudante.

O aluno L representou a função primeiramente algebricamente. Quando questionado a respeito disso, o estudante disse recordar de atividades anteriores propostas por nós em sala de aula, *que fizemos do livro no x e y e que eram outras letras..., [...] é fácil de pensar assim*. Nesse caso, inferimos a função pedagógica de aprofundamento para representação algébrica, com base na característica quanto ao desenvolvimento esperado de outra representação.

Estudante E

Figura 6: Representações Atividade 5 (Estudante E)



Fonte: Resolução estudante E

P: O que você fez primeiro?

E: *Então, profe (sic)...Eu pensei as figuras, mas fiz a tabela primeiro porque aqui (indica a tabela) eu entendo melhor. É fácil, né, pra "ordem" das figuras tem a quantidade mais 1.*

P: Por que na tabela depois da figura 5 vem a 10?

E: *Ué (sic) pode ser qualquer "figura" - até mil professora! É só somar mais um.*

P: Depois da tabela você fez as figuras?

E: *(acena com a cabeça afirmativamente) ... O desenho das bolinhas oh... (indica na atividade) ajuda a ver a quantidade que muda né...*

P: Por que você escreveu F para figura e B para bola?

E: *Ah... lembrei da atividade do palito que fizemos outro dia...no " x " e " y " (indica aspas com a mão) eram outras letras...*

P: Você pensou em alguma outra representação?

E: *Então, né professora, é tudo a mesma coisa... a tabela, as figuras, as letras, é tudo daqui (indica a função $B = F + 1$) Até se eu fizer o gráfico vai ser olhando aqui (indica a tabela).*

P: E esta observação no final?

E: *Pra (sic) confirmar e ajuda quando a gente escreve bem explicadinho!!!*

O estudante E empregou uma representação imagética (desenho das “bolinhas”) para indicar a função $B(F) = F + 1$, a representação algébrica e uma tabela. Aqui também temos o registro de representação algébrica, a tabela e a representação imagética são de natureza não discursiva e forma multifuncional. Quando da afirmativa - *Então, né professora, é tudo a mesma coisa... a tabela, as figuras, as letras, é tudo daqui* - ao indicar $B = F + 1$ identificamos indícios da coordenação, pois o estudante apresenta reconhecimento do mesmo objeto matemático em diferentes registros de representações.

As setas azuis indicam a conversão entre os diferentes registros – da tabela para a representação imagética e dessa para a algébrica- em que o estudante sinaliza um entendimento melhor da função na tabela, conforme a afirmativa [...] *fiz a tabela primeiro porque aqui entendo melhor. [...] pra “ordem” das figuras tem a quantidade mais 1*, nesse sentido, atribuímos à tabela a função pedagógica de restringir. Quando uma nova representação apresenta a função pedagógica de complementar, uma das características é seu uso recorrente para solucionar problemas a partir da integração entre representações, assim, quando o estudante diz [...] *aqui entendo melhor* - é que indicamos essa função pedagógica.

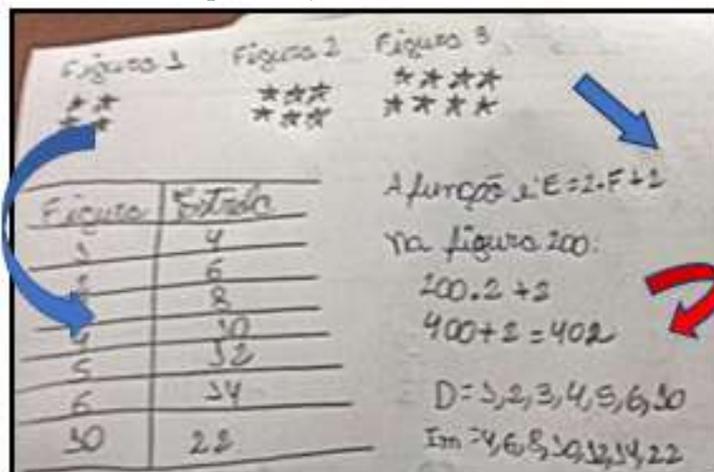
O desenvolvimento da interpretação esperada de uma segunda representação a partir da propriedade inerente (AINSWORTH, 1999; 2006) ao restringir um novo conhecimento ocorreu na representação algébrica: *Ah... lembrei da atividade do palito¹¹ [...] que fizemos outro dia...no “x” e “y” e que eram outras letras...* (estudante E).

A função pedagógica de complementar também foi atribuída à representação imagética, enquanto reforço do que o aluno já conhece do conceito. A partir da frase [...] *O desenho das bolinhas ajuda a ver a quantidade que muda né...* que inferimos essa função pedagógica. Ainda a respeito dessa representação, também consideramos a função pedagógica de aprofundamento de um conhecimento, em que uma das características é a ampliação do conhecimento que o aluno já possui.

¹¹ O estudante refere-se ao uso de palitos de sorvete, na construção de quadrados e determinação da função que relaciona a quantidade de palitos de acordo com a quantidade de quadrados.

Estudante Ro

Figura 7: Representações Atividade 5 (Estudante Ro)



Fonte: resolução estudante Ro

P: Você fez o que primeiro?

Ro: Ah... Fiz as figuras que ajudou quando pensei nos outros jeitos só ver quantas "estrelas" aumenta (indica as outras representações), depois a tabela que é fácil de fazer e entender a sequência "conforme muda os valores" (mostra a tabela).

P: Você acha fácil entender pela tabela?

Ro: Sim, ajuda de monte (faz um gesto unindo os dedos indicando grande quantidade) tanto que depois da tabela fiz a do "x" e "y", quer dizer com "E" e "F"¹² que eu já sabia das aulas né...

P: E este cálculo?

Ro: A conta eu fiz pra dar um exemplo que tá certo... Para confirmar que em qualquer "x" a gente faz a conta, ...

P: E por que você escreveu o domínio(D) e a imagem (I) da função?

Ro: Eu lembrei de quando você ensinou a função do 1º grau, pra x é o domínio e y a imagem, só que sem x e y é igual, né, professora?

O estudante Ro lançou mão dos registros de representação Algébrico, Aritmético, Imagético e Tabular, cuja classificação quanto natureza e forma foram destacadas anteriormente.

Conforme a Figura 7, a seta vermelha indica a transformação semiótica de tratamento, em que o estudante apresentou uma resolução da função, dentro do mesmo registro de representação – o aritmético.

As diversas representações da função $E(F) = 2F + 1$, elaboradas pelo estudante Ro

¹² Esclarecemos para o estudante que a notação correta seria $E(F) = 2F + 1$.

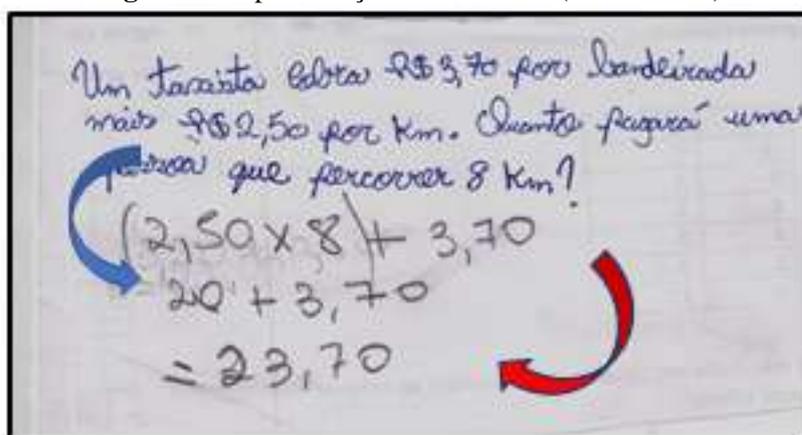
na Figura 7, evidenciam a conversão – da representação imagética para a tabela e para representação algébrica- conforme as setas azuis. A partir da afirmativa ao indicar as representações [...] *quando pensei nos outros jeitos, só ver quantas “estrelas” aumenta ...* o que nos possibilita dizer que o estudante apresentou indícios da coordenação entre os registros de representação do objeto matemático $E(F) = 2F + 1$.

A função pedagógica de complementar foi atribuída à tabela, cujo destaque é a afirmativa do estudante Ro: [...] *a tabela que é fácil da fazer e entender a sequência...*, que confirma uma das características de complementaridade, que é o uso recorrente para solucionar problemas a partir da integração entre representações. Quanto à representação algébrica, também inferimos o papel de complementar ao ajudar na resolução [...] *eu já sabia das aulas né...*

O aprofundamento de um novo conhecimento, com a possibilidade de reconhecimento do conceito em diferentes representações como na representação imagética é identificado na afirmação: *Ah...Fiz as figuras que ajudou quando pensei nos outros jeitos, só ver quantas “estrelas” aumenta....*

Estudante A

Figura 8: Representações Atividade 5 (Estudante A)



Um taxista cobra R\$ 3,70 por bandeirada
mais R\$ 2,50 por Km. Quanto pagarei uma
pessoa que percorrer 8 Km?

$$(2,50 \times 8) + 3,70$$

$$20 + 3,70$$

$$= 23,70$$

Fonte: resolução estudante A

P: Por que você resolveu elaborar um problema?

A: Ah professora...tinha um monte de gente fazendo gráfico...daí lembrei de um problema tipo do táxi uma situação sabe...Pensei numa conta de água também, mas

achei do táxi mais fácil de pôr os valores.

P: E este cálculo?

A: Muito fácil né ...Tamo (sic) cansado de fazer... Multiplica o quilômetro e soma o cinco....

O estudante A elaborou uma situação problema no registro de representação descritivo escrito e aritmético. Sinalizamos que o registro descritivo escrito é de natureza discursiva e forma multifuncional

Destacamos as transformações semióticas de conversão (seta azul) – do registro de representação descritivo escrito para o aritmético- e de tratamento (seta vermelha) no registro de representação aritmético.

O entendimento do domínio do conceito e integração com outras representações como assinalado pelo estudante A na representação descritiva escrita [...] ***lembrei de um problema tipo do táxi, uma situação sabe...Pensei numa conta de água também***, nos permitiu inferir a função pedagógica de aprofundamento.

A representação aritmética por ser de uso constante em Matemática desempenhou uma função pedagógica complementar [...] ***Muito fácil né ...Tamo (sic) cansado de fazer***.

Algumas considerações

A importância da multiplicidade de registros de representação na aprendizagem em Matemática é ressaltada por Duval (2004), pois cada representação semiótica tem um custo cognitivo diferente. O autor também afirma que dispor de vários registros de representação não é suficiente para garantir a compreensão. Uma segunda condição é necessária: a **coordenação** de representações formuladas em registros distintos.

Na elaboração das Funções do 1º Grau detectamos indícios da coordenação entre os registros de representação, pois conforme aponta Duval (2011) é uma atividade que requer pelo menos a mobilização de dois registros e a possibilidade trocar de registro a todo o momento, em que, os estudantes indicaram o reconhecimento do mesmo objeto matemático em diferentes registros utilizando as especificidades de cada um, apesar de insucessos referentes ao registro de representação algébrico dos estudantes E e Ro.

Solicitamos ao término da atividade, que os estudantes escrevessem em qual tipo de

representação é mais fácil seu entendimento conceitual. O registro de representação semiótica com maior preferência foi o tabular. Nas afirmativas respectivamente dos estudantes E, Ro e L [...] *fiz a tabela primeiro porque aqui eu entendo melhor. A tabela que é fácil de fazer [...] é fácil de pensar ...* fica claro essa preferência.

Observamos que o fato de ser classificada como multifuncional e discursiva facilita o entendimento conceitual dos estudantes, já que esse tipo de representação é comumente utilizado em outras disciplinas e no cotidiano.

A mobilização de representações decorrentes da atividade proposta, com a elaboração de uma Função do 1º Grau propiciou a ocorrência das funções pedagógicas a partir de uma nova representação de complementar, restringir e/ou aprofundar um conhecimento e reiteramos que estas funções não são excludentes. As interações dialógicas como modo representacional foram fundamentais na inferência das Funções Pedagógicas.

Sintetizamos a seguir as vantagens propiciadas pelos multimodos e múltiplas representações verificadas nesta atividade: a presença de diversas representações - imagéticas, gráficas, tabulares, descrição oral escrita e verbal, cálculo aritmético, cálculo algébrico; as transformações semióticas de tratamento, conversão e indícios de coordenação entre registros de representação semióticos; auxílio ao aluno quanto a complementação, restrição ou construção de conhecimentos; o favorecimento de interações dialógicas aos integrantes do processo de ensino e aprendizagem e a possibilidade de permitir ao aluno a dissociação do objeto matemático e suas representações.

Considerações Finais

O ensino e a aprendizagem subsidiados por meio da multiplicidade de representações podem auxiliar o aprendiz a mobilizar e a coordenar em qual representação ele apresentará maior domínio, ou se sentirá mais seguro ao lidar com novos conceitos e ideias matemáticas.

A proposta da atividade pertencente a investigação a respeito *de quais as representações mobilizadas em situações de ensino do objeto matemático Função do 1º Grau, a partir da integração de múltiplas representações e mediadas por interações dialógicas*, destacou a importância de que um ensino pautado em uma diversidade

representacional propicia aos educandos, um entendimento conceitual mais amplo.

A escolha entre representações possíveis dentro de uma representação em um determinado registro não é imparcial, além disso, a preferência de um registro pelo outro pode variar no universo de uma sala de aula de acordo com os dados coletados.

Verificamos a partir das interações dialógicas apresentadas e destacadas nas transcrições, que alguns alunos demonstraram mais facilidade em determinada representação semiótica, por exemplo, a tabela que por ser de natureza multifuncional, este registro de representação semiótica ao ser coordenado com outras representações semióticas apresentou a finalidade de complementar ou restringir o entendimento de outras representações.

Os dados analisados confirmam que na mobilização de duas ou mais representações, as ideias das Funções Pedagógicas das Múltiplas Representações (AINSWORTH, 1999, 2006) e aspectos da Teoria dos Registros de Representação Semiótica (DUVAL, 2003) ocorrem simultaneamente.

Ao estimular o ensino com diferentes representações, o professor propicia aos estudantes oportunidades de acesso a diferentes características do objeto matemático, que em muitos casos, uma única representação poderia não abranger.

Cabe ao docente uma sensibilidade em reconhecer que cada representação apresenta custos cognitivos específicos e, portanto, ao priorizar um ensino fundamentado em múltiplas representações, fornecerá ao estudante condições futuras de reconhecimento de um conceito matemático em representações diversas.

Agradecimentos

Carlos Eduardo Laburú agradece ao CNPq.

Referências

AINSWORTH, Shaaron. The functions of multiple representations. **Computers & Education**, Pergamon Press, n.33, 1999, p.131-152.

_____. DeFT A conceptual framework for considering learning with multiple representations. **Learning and Instruction**. Elsevier, vol.16, issue 3, jun. 2006, p.183-198.

_____. The Educational Value of Multiple-representations when Learning Complex Scientific Concepts. In GILBERT, J.K. et al. (Eds). **Visualization Theory and Practice**.

Science Education. Springer, 2008, p.191-208.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. Características da investigação qualitativa. **Investigação Qualitativa em Educação:** uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 1994.

BRANDT, C. F.; MORETTI, M.T. (Orgs.). **Ensinar e Aprender Matemática possibilidades para a prática educativa.** Ponta Grossa: Editora UEPG, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCNs+ Ensino Médio orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.** Brasília. 144 p. 2002.

COLOMBO, J. A. A.; FLORES, C. R.; MORETTI, M. T. Registros de representação semiótica nas pesquisas brasileiras em Educação Matemática pontuando tendências. **Zetetiké** - Revista de Educação Matemática. Campinas: vol.16, n.29, 2008, p.41-72.

COX, R. e BRNA, P. Supporting the use external representations in problem solving: the need for flexible learning environments. **Journal of Artificial Intelligence in Education**, 6(2): 1995, p. 239 – 302.

DAMM, R. F. Registros de Representação. Em MACHADO, S. D. A. et al. **Educação Matemática uma introdução.** São Paulo: EDUC, 1999, p.135-153.

D'AMORE, Bruno. **Primeiros Elementos de Semiótica sua presença e sua importância no processo de ensino-aprendizagem da matemática.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

DUVAL, Raymond. Registros de Representações Semióticas e Funcionamento Cognitivo da Compreensão em Matemática. Em: MACHADO, Silvia D. A. (Org.). **Aprendizagem em matemática registros de representação semiótica.** Campinas: Papirus, 2003, p.11-33.

_____. **Semiosis y pensamiento humano registros semióticos y aprendizajes intelectuales.** Universidad del Vale - Instituto de Educación y Pedagogía. Santiago de Cali, Colombia Peter Lang, 2004.

_____. **Semiósisis e pensamento humano registros semióticos e aprendizagens intelectuais.** Fascículo I. São Paulo Livraria da Física, 2009

_____. **Ver e ensinar a Matemática de outra forma** - Entrar no modo matemático de pensar os registros de representações semióticas. São Paulo PROEM Editora, 2011, vol.1.

_____. Registros de Representações Semiótica e Funcionamento Cognitivo do pensamento- Revemat: **Revista Eletrônica de Educação Matemática.** ISSN 1981-1322. Florianópolis, v. 07, n.2, 2012. p.266-297. Disponível em

RPEM, Campo Mourão, Pr, v.7, n.13, p.61-86, jan.-jun. 2018.

<<http://dx.doi.org/10.5007/1981-1322.2012>> v.07 n. 2 p.266 - Acesso em 04/11/2015

LABURÚ, C. E. SILVA, O. H. M. Multimodos e Múltiplas Representações Fundamentos e Perspectivas Semióticas para a aprendizagem de Conceitos Científicos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.16, n.1, 2011, p.7-33.

LABURÚ, C. E. BARROS, M. A.; SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas representações, aprendizagem significativa e subjetividade três referenciais conciliáveis da educação científica. **Ciência & Educação**, v.17, n. 2, 2011, p.469-487.

LABURÚ C. E. ZÔMPERO, A. F.; BARROS, M. A. Vygotsky e múltiplas representações leituras convergentes para o ensino de ciências. Em **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, ISSN 1677-2334, v.30, n.1, 2012, p.7-24.

LEMKE, J.L. **Teaching all the languages of science words, symbols, images, and actions**.2003. Disponível em < <http://academic.brooklyn.cuny.edu/Education/lemke/papers/barcelon.htm>>. Acesso em 12 abr. 2016.

LORENCINI, A. Jr. **O professor e as perguntas no discurso em sala de aula**. 2000. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Anomalies and conflicts in classroom discourse. In **Science Education**, v.84, 2000, p.429-444.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de Ciências uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. Em **Investigações em Ensino de Ciências**. v.7, n.3, 2002, p.283-306.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte Ed. UFMG, 2006.

RADFORD, L.; EDWARDS, L.; ARZARELLO, F. Introduction: beyond words. **Educational Studies in Mathematics**, New York, v. 70, n. 2, 2009, p.91-95.

SANTAELLA, L. **A Teoria Geral dos Signos**. São Paulo: Ed. Ática, 1995.

TYLER, R.; PRAIN, V.; PETERSON, S. Representational issues in students learning about evaporation. Research in **Science Education**, v.37, jul. 2007, p.313-331.

TREAGUST, D.; WON, M.; YOON, H. Students' Learning Strategies with Multiple Representations Explanations of the Human Breathing Mechanism. **Science Education**, v.98, n.5, set. 2014, p.840-866.

WALDRIP, B.; PRAIN, V.; CAROLAN, J. Using multi-modal representations to improve

RPEM, Campo Mourão, Pr, v.7, n.13, p.61-86, jan.-jun. 2018.



learning in junior secondary science. Research in **Science Education**, v.40, 2010, p.65-80.

Recebido em: 03 de setembro de 2017

Aprovado em: 17 de abril de 2018