

**Universidade Federal de Minas Gerais – Faculdade de Educação**

**Marcus Vinícius Duarte Silva**

**UMA PROPOSTA DE ANÁLISE  
SEMIÓTICA DO PROCESSO DE  
INTEGRAÇÃO DE MÚLTIPLAS  
REPRESENTAÇÕES**

**Belo Horizonte**

**2016**

**Marcus Vinicius Duarte Silva**

**UMA PROPOSTA DE ANÁLISE SEMIÓTICA DO PROCESSO  
DE INTEGRAÇÃO DE MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES**

Tese apresentada ao programa de Pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Educação.

Linha de Pesquisa: Educação e Ciências

Orientadora: Profa. Dra. Rosária Justi

**Belo Horizonte**

**2016**

“Voa, coração (...)

E não esqueça de trazer força e magia,  
O sonho e a fantasia, e a alegria de viver”



## **Agradecimento**

As pessoas presentes em minha vida me fizeram saber, como diria Caetano Veloso, “a dor e a delícia de ser o que sou”. A elas eu devo tudo o que sou e todo agradecimento é pouco. Das muitas pessoas contribuíram para que este trabalho se desenvolvesse, agradeço:

aos meus pais e mães. Tenho a sorte de ter tido dois pais e duas mães, uns de nascimento outros de adoção, por casamento. Aos quatro, vivos em mim, agradeço eternamente.

aos meus irmãos e amigos. Peço desculpas a todos por não citá-los nominalmente, mas tenho certeza que, ao fazê-lo, esqueceria alguém injustamente. De qualquer forma, as pessoas presentes na minha vida, ainda que distantes, sabem que são partes constitutivas de mim. Obrigado a todos!

aos membros do grupo REAGIR. Admiro e me espelho em cada um de vocês!

Agradeço, de coração, a todos que me ajudaram. Peço licença, porém, para destacar duas pessoas imprescindíveis para a realização deste trabalho, ainda que elas já estejam incluídas nos grupos acima.

Este trabalho saiu por que a Rô existe, por que ela sempre nos apoia (sem deixar de cobrar quando necessário), por que ela é um grande exemplo de competência e profissionalismo. Rô, você foi uma das grandes responsáveis por eu ter chegado até aqui. Obrigadíssimo!

Utilizando um pouco do próprio Peirce, há coisas que estão na Primeiridade, são apenas sentimentos, pura qualidade. Não há o que expressar, somente o que sentir. Ao mesmo tempo, a presença constante, o estar ao lado, a existência nua e crua (força bruta) em mim marca toda a Secundidade desta relação. Por fim, este ideal de ser humano, que engloba tudo aquilo que admiro, é uma Terceiridade marcante. Obrigado Lorena, por ser, em mim e para mim, a Primeiridade, Secundidade e Terceiridade. Obrigado por ser meu signo!

“Quando alguma coisa se apresenta em estado nascente, ela costuma ser frágil e delicada, campo aberto a muitas possibilidades ainda não inteiramente consumadas e consumidas. (...) Um processo como tal não pode ser traduzido em uma única definição cabal, sob pena de se perder justo aquilo que nele vale a pena, isto é, o engajamento vivo, concreto e real no caminho da instigação e do conhecimento. Toda definição acabada é uma espécie de morte, porque, sendo fechada, mata justo a inquietação e curiosidade que nos impulsionam para as coisas que, vivas, palpitam e pulsam.”

Lucia Santaella

## Resumo

Este trabalho discute o papel das representações no Ensino de Ciências e apresenta recentes pesquisas na área sobre o assunto. O tema central do trabalho é o processo de integração entre representações, isto é, como se dá a relação entre as representações na construção de sentidos em espaços multirrepresentacionais. O referencial teórico escolhido é a semiótica de Charles Sanders Peirce (1839-1914), segundo o qual o signo é definido como uma relação triádica entre o *representamen* (o referente), o objeto (referenciado) e um interpretante. Assim, ao mesmo tempo em que o signo é formado por essa relação entre *representamen* e objeto, ele permite que o *representamen* referencie o objeto a partir da relação com o interpretante. Além desta perspectiva triádica do signo, este trabalho leva em consideração: (i) as categorias fenomenológicas de Peirce (Primeiridade, Secundidade e Terceiridade); (ii) as distinções que ele faz do objeto (imediate e dinâmico) e do interpretante (imediate, dinâmico e final); e (iii) o conceito de semiose, entendida como a ação do signo. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma ferramenta de análise semiótica, fundamentada na teoria peirciana, para analisar os processos de integração entre representações que ocorrem em situações de ensino e aprendizagem. A ferramenta é, então, avaliada segundo sua aplicabilidade, sua coerência e sua relevância. A aplicabilidade está associada ao trato operacional da ferramenta e à sua complexidade de entendimento. A coerência é um critério de validação, uma vez que os resultados apontados por ela devem ser coerentes com o que é conhecido na literatura da área de Ensino de Ciências. A relevância é entendida como a capacidade de oferecer novas informações, posto que um instrumento que não agregue novas informações não teria necessidade de ser criado. Para avaliar estes três critérios são desenvolvidas duas análises distintas. A primeira apresenta uma entrevista em que uma licencianda do 7º período de Física utiliza múltiplas representações em um ambiente de simulação discutindo o conceito de inércia. Os dados foram obtidos a partir de questões que visavam entender como ela atribuía sentidos às representações que surgiam na tela e como promovia a integração entre as mesmas. A segunda análise é uma releitura de dados de uma pesquisa recentemente publicada em um periódico internacional que utiliza o mesmo referencial teórico. A partir das duas análises conclui-se que a ferramenta é aplicável, coerente e relevante. O trato operacional da ferramenta é considerado adequado, ainda que a teoria semiótica de Peirce apresente certa complexidade. Um contraponto que se faz à ferramenta é quanto ao excesso de informações que ela traz. Ou seja, ela relaciona muitas características semióticas do signo que podem ser desnecessárias em análises específicas, dificultando sua aplicação. Por outro lado, ela pode ser utilizada em partes sem prejuízo da compreensão do todo, isto é, pode-se simplificar a ferramenta adequando-a a um objetivo específico sem ferir a essência da semiótica peirciana. A análise dos dados apontou resultados consistentes com os encontrados na literatura, indicando sua coerência, e trouxe uma nova perspectiva de análise para processos cognitivos importantes, como a construção de sentidos e as situações de conflitos cognitivos, indicando a relevância da ferramenta.

## Abstract

This thesis discusses the role of representations in science teaching and presents recent research in the area on the subject. The central topic of the study is the process of integration between representations, that is, how the relationship between representations in the construction of meaning in multiple representations environments occurs. The theoretical framework is the semiotics of Charles Sanders Peirce (1839-1914), according to which a sign is defined as a triadic relationship between *representamen* (the referent), the object (that is referenced) and the interpretant. Thus, at the same time that the sign is formed by the relationship between the *representamen* and the object, it allows the *representamen* to make reference to the object, from relationships with the interpretant. In addition to this triadic perspective of the sign, this study takes into account: (i) the phenomenological categories of Peirce (Firstness, Secondness and Thirdness); (ii) the distinctions he makes involving the object (immediate and dynamic) and the interpretant (immediate, dynamic and final); and (iii) the concept of semiosis, understood as the action of the sign. The aim of this study is to develop a tool, based on Peirce's theory, for supporting a semiotic analysis of the processes of integration between representations that occur in teaching and learning contexts. The tool is then evaluated according to its applicability, its coherence and its relevance. The applicability is linked to the tool operating tract, and to its complexity of understanding. The coherence is a validation criterion, since the results it indicates should be consistent with what is known in the literature of science education. The relevance is defined as the extent to which the tool offer new information, since an analytical instrument that adds no new information would not need to be created. To evaluate these three criteria, two separate analyses were performed. In the first one, we present an interview in which a pre-service physics teacher uses multiple representations in a simulation environment discussing the concept of inertia. Data were collected from questions that aimed at understanding how she attributed meaning to the representations that appeared on the screen and how she integrated them. The second analysis is a re-reading of data from a study recently published in an international journal that uses the same theoretical framework. From the two analyses it is concluded that the tool is applicable, coherent and relevant. The tool operating tract is considered adequate, even though Peirce's semiotics presents some complexity. A counterpoint concerning the tool is the excess of information it brings to the analysis. That is, it lists many semiotic characteristics of the sign that can be unnecessary in specific analyses, hindering their application. On the other hand, it can be used in parts without prejudice to the understanding of the whole, that is, it is possible to simplify it to a specific purpose without losing the essence of Peirce's semiotics. In both analysis, the outcomes brought consistent results with literature, which indicate it coherence, and a new analytical perspective to important cognitive processes, such as meaning making and the situations of cognitive conflicts, which indicates the relevance of the tool.

## Lista de Figuras

Figura 2.1 - Taxonomia de funções das MR proposto por Ainsworth (1999, p. 134).....	12
Figura 2.2 - MR utilizadas como complementação de tarefas (MÁXIMO; ALVARENGA, 2006, p. 156).....	13
Figura 2.3 - MR na complementação de diferentes estratégias (GUIMARÃES; FONTE BOA, 2006, p. 408 e 409).....	14
Figura 2.4 - MR utilizadas para complementar informações compartilhadas (GASPAR, 2009) .....	16
Figura 2.5 - MR utilizadas para facilitar a compreensão de um conteúdo a partir de uma representação conhecida (RAMALHO JUNIOR; FERRARO; SOARES, 2007).....	17
Figura 2.6 - O gráfico auxilia na interpretação da variação da posição que seria de difícil interpretação apenas através da equação horária da posição.....	18
Figura 4.1 – Tripé representando um signo .....	40
Figura 5.1 - Tripleteo representando um signo com os elementos identificados .....	46
Figura 5.2 - Tripleteo com os elementos que compõem o signo incorporados na representação .....	46
Figura 5.3 - Os elementos do tripleteo unidos pelo nó borromeano .....	46
Figura 5.4 - O tripleteo com classificação sígnica .....	47
Figura 5.5 - Charge destacando as diferenças comportamentais em situações de ensino em variados contextos históricos.....	48
Figura 5.6 - O signo "pais em 1969" .....	49
Figura 5.7 - Os signos "criança" e "professora" em 1969 .....	50
Figura 5.8 - A análise semiótica da cena contextualizada em 1969 .....	51
Figura 5.9 - A análise semiótica da cena contextualizada em 2009 .....	52
Figura 5.10 - A descrição, via tripleteo, do processo de análise de dados desenvolvido neste trabalho.....	54
Figura 6.1 - Modelo de uma simulação com todas as formas de representação ativas (extraído de <a href="http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/forces-1d">http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/forces-1d</a> ) .....	66
Figura 6.2- Exemplo de simulação com o menor número de representações possíveis (extraído de <a href="http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/forces-1d">http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/forces-1d</a> ) .....	67
Figura 7.1 - Tela que apareceu para Luíza quando ela começou a trabalhar com a simulação	88

Figura 7.2 - Primeira tela com alguma alteração nos parâmetros do experimento .....	91
Figura 7.3 - Parte da tela com os comandos controlados pela licencianda, destaque para o gráfico de forças .....	98
Figura 7.4 - Gráfico utilizado por Luíza para confirmar a informação de equilíbrio.....	99
Figura 7.5 - Tentativa de retirar o objeto do repouso aumentando a força aplicada.....	101
Figura 7.6 - Tentativa de colocar o objeto em movimento com aumento substancial da força aplicada.....	103
Figura 7.7 - Imagem da tela com o objeto em movimento.....	105
Figura 7.8 - - Objeto em movimento com os gráficos de força e aceleração abertos.....	106
Figura 7.9 - Situação de equilíbrio dinâmico com o gráfico ainda não atualizado .....	114
Figura 7.10 - Momento em que a aluna utilizou todos os gráficos da simulação ao mesmo tempo .....	117
Figura 7.11 - Situação de equilíbrio dinâmico com somente o gráfico de velocidade visível	119
Figura 8.1 - Esboço da página do livro trabalhada por Melissa (Oliveira et. al., 2014, p.659) .....	126
Figura 8.2 - Processo de leitura em voz alta, sobre a cristalização do floco de neve, conduzido pela professora Melissa (Oliveira et al., 2014, p. 660 – tradução nossa) .....	127
Figura 8.3 - Esboço da página do livro trabalhada por Morgan sobre refração da luz branca (Oliveira et. al., 2014, p.659).....	130
Figura 8.4 - Processo de leitura em voz alta, do fenômeno da refração, conduzido pela professora Morgan (Oliveira et al., 2014, p. 661 – tradução nossa).....	131
Figura 8.5 - Esboço da página do livro trabalhada por Morgan sobre anatomia do olho humano (Oliveira et. al., 2014, p.659).....	133
Figura 8.6 - Processo de leitura em voz alta, sobre a anatomia do olho humano, conduzido pela professora Morgan (Oliveira et al., 2014, p. 662 – tradução nossa).....	134
Figura 8.7 - Esboço da página do livro trabalhada por Dave sobre camuflagem (Oliveira et. al., 2014, p.659).....	137
Figura 8.8 - Processo de leitura em voz alta, sobre camuflagem, conduzido pelo professor Dave (Oliveira et al., 2014, p. 663 – tradução nossa).....	137

## Lista de Quadros

Quadro 7.1 - O signo seta .....	74
Quadro 7.2 - O signo árvore natalina .....	74
Quadro 7.3 - O signo força Normal.....	75
Quadro 7.4 - O signo Faplicada.....	77
Quadro 7.5 - O signo da onda mista .....	79
Quadro 7.6 - O signo da Faplicada com característica vetorial.....	80
Quadro 7.7- A junção entre os signos Faplicada e seta .....	81
Quadro 7.8 - O signo FG com uma seta .....	83
Quadro 7.9 - A junção entre os signos FG e seta em uma situação de conflito cognitivo.....	84
Quadro 7.10 - A junção entre os signos boneco/arquivo e seta .....	87
Quadro 7.11 - A divisão do signo anterior em signos que o compõem para explicar o processo de significação .....	90
Quadro 7.12 - Mudança de classificação sígnica de "boneco" para "pessoa" .....	92
Quadro 7.13 - A junção de dois signos que estão distantes entre si na tela da simulação.....	95
Quadro 7.14 - A junção entre dois signos de forma a um confirmar a informação do outro .	100
Quadro 7.15 - Dois signos construindo uma estratégia de ação .....	102
Quadro 7.16 – Uma nova junção entre dois signos para confirmar a informação do outro ...	103
Quadro 7.17 - Dois signos num processo de confirmação da informação com erro conceitual .....	108
Quadro 7.18 - Dois signos num processo de confirmação da informação e compartilhamento de informação sem erro conceitual.....	111
Quadro 7.19 - A ausência como signo .....	112
Quadro 7.20 - Dois signos definindo uma estratégia de ação e compartilhando do mesmo interpretante .....	115
Quadro 7.21 - Integração entre signos na explicação da inércia (equilíbrio dinâmico) e com conflito cognitivo.....	116
Quadro 7.22- Confusão entre objeto e interpretante feita por Luíza .....	120
Quadro 8.1 - A integração entre três signos, identificado pelos autores, de diferentes modos de comunicação (o gesto, a voz e a figura) .....	128

Quadro 8.2 - A integração entre cinco signos utilizados por Melissa na leitura em voz alta .	129
Quadro 8.3 - A integração entre três signos de diferentes modos de comunicação (o gesto, a fala e a figura).....	132
Quadro 8.4 - A análise semiótica de uma metáfora gestual em um discurso multimodal .....	136
Quadro 8.5 - A integração entre três signos de diferentes modos de comunicação (o gesto, a voz e a figura) no processo multimodal conduzido por Dave .....	138

## ÍNDICE

Capítulo 1 . Introdução .....	1
Capítulo 2 . Revisão da Literatura: Um olhar sobre as Múltiplas Representações .....	5
2.1 <i>As múltiplas representações no Ensino de Ciências</i> .....	6
2.1.1 <i>As funções das representações em espaços de MR</i> .....	11
2.2 <i>Representações e semiótica</i> .....	20
Capítulo 3 . Objetivo .....	25
Capítulo 4 . Fundamentação teórica: A semiótica de Charles Sanders Peirce.....	27
4.1 <i>Primeiridade, Secundidade e Terceiridade</i> .....	28
4.2 <i>A tríade sígnica</i> .....	29
4.2.1 <i>Fundamento do Signo ou Representamen (Primeira Tricotomia)</i> .....	31
4.2.2 <i>Relação S-O (Segunda Tricotomia)</i> .....	32
4.2.3 <i>Relação S-I (Terceira Tricotomia)</i> .....	34
4.3 <i>Reconstruindo o signo</i> .....	40
4.3.1 <i>As classes de signos</i> .....	41
Capítulo 5 . Construindo o instrumento de análise.....	44
5.1 <i>O triplete</i> .....	45
5.2 <i>Exemplo de aplicação do triplete</i> .....	47
5.3 <i>Limitações do instrumento</i> .....	52
Capítulo 6 . Metodologia de coleta e análise de dados.....	56
6.1 <i>Instrumento de coleta de dados</i> .....	58
6.1.1 <i>A opção pela entrevista</i> .....	58
6.1.2 <i>A caracterização da entrevista</i> .....	61
6.2 <i>A simulação computacional do PhET – Forças em uma dimensão</i> .....	62
6.3 <i>Sujeitos da pesquisa</i> .....	68
6.4 <i>Análise de dados</i> .....	70
Capítulo 7 . Aplicação do instrumento de análise na entrevista com a licencianda .....	72

7.1	<i>Considerações sobre a apresentação dos dados</i> .....	72
7.2	<i>A entrevista</i> .....	73
7.3	<i>Considerações sobre o uso do triplete na entrevista</i> .....	122
Capítulo 8 . A releitura de uma pesquisa .....		125
8.1	<i>Considerações sobre a apresentação dos dados</i> .....	125
8.2	<i>A releitura dos dados do artigo</i> .....	126
8.2.1	<i>A professora Melissa</i> .....	126
8.2.2	<i>A professora Morgan</i> .....	130
8.2.3	<i>O professor Dave</i> .....	137
8.3	<i>A análise dos dados do artigo</i> .....	138
8.4	<i>Considerações sobre o uso do triplete na releitura de dados</i> .....	140
Capítulo 9 . Conclusões .....		143
9.1	<i>Implicações</i> .....	146
9.2	<i>Considerações finais</i> .....	150
Capítulo 10 . Referências .....		152
Anexo .....		159

---

## CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

A discussão sobre a natureza da Ciência é, também, uma discussão sobre a produção do conhecimento científico. Isto porque pensar em Ciência requer pensar em como o conhecimento científico é produzido e comunicado.

Nós interagimos com o mundo através de signos, formas com as quais mobilizamos o mundo. Portanto, por mais que um cientista pesquise determinada entidade ou fenômeno, ele não opera cognitivamente com aquela entidade. As formas com as quais representamos o conhecimento científico (equações, gráficos, desenhos, tabelas, categorias, diagramas) são exemplos de signos socialmente aceitos e utilizados pela comunidade científica. O processo da produção do conhecimento científico passa, portanto, pela transformação de uma forma de representação em outra (LATOUR, 1997, 2001), por exemplo, de uma amostra para um código, deste para uma tabela, desta para um gráfico e assim sucessivamente.

Sendo tão importantes para a Ciência, é de se esperar que as diferentes formas de representação, e as translações entre elas (isto é, a integração das diferentes representações a fim de relacionar as informações contidas em cada uma e, potencialmente, construir um entendimento sobre um evento, uma entidade, um fenômeno etc.) sejam também importantes para o Ensino de Ciências. De fato, o Ensino de Ciências tem como uma de suas diretrizes preparar o estudante para compreender os conhecimentos do seu tempo e saber interagir com eles. Dessa forma, torna-se premente conhecer como os estudantes lidam com as representações e suas relações no ambiente de ensino-aprendizagem de Ciências. Como afirmam Rego e Gouvêa (2013, p. 128) “a literatura da área argumenta que há a necessidade de se ensinar a ler as imagens nas diferentes formas de se entender a representação dos conceitos e dos fenômenos científicos”.

Existem diferentes formas de expressar uma representação tanto na Ciência quanto no Ensino de Ciências. As diferentes modalidades de comunicação são, em especial, a gestual, a visual e a oral. Os termos *múltiplos modos de comunicação* (multimodalidade) e *múltiplas formas de representação* (multirrepresentação) têm sido usados indiscriminadamente e, por vezes, como sinônimos. De acordo com a linha filosófica adotada por quem escreve ou o objetivo do seu trabalho, estes termos não são, de fato, distintos e podem se referir tanto a múltiplas formas de representar como a múltiplos modos de comunicar. Porém, em alguns trabalhos ou contextos,

---

há a necessidade de fazer uma separação entre eles. No nosso trabalho não pretendemos discutir a raiz filosófica que trata diferentemente os modos de comunicação e as formas de representação. Ao invés disso, fazemos uma distinção entre multimodalidade e multirrepresentação como um recorte de análise. A multimodalidade, para nós, se refere aos múltiplos modos de comunicação, entre eles, verbal, escrito, gestual. Por outro lado, as múltiplas formas de representação se referem à variedade de formas de representar um conceito/entidade dentro de um mesmo modal de comunicação.

Pesquisas sobre representações no ensino não são recentes (BERGER, 1972; KNORR-CETINA; AMANN, 1990; LATOUR, 1997). No entanto, o advento de novas tecnologias tem modificado a forma como lidamos com algumas representações. Por exemplo, antes do acesso ao computador, era difícil imaginar mais de uma representação bidimensional sendo gerada simultaneamente, isto é, uma conexão dinâmica. A crescente popularização do computador resulta em algumas oportunidades para o ensino, mas também alguns desafios. O desafio principal (por englobar todos os outros) nos parece ser como lidar com essa ferramenta cada vez mais presente na vida dos estudantes fazendo dela uma ferramenta eficaz de aprendizagem. Por outro lado, as possibilidades de desenvolvimento de atividades de ensino têm-se ampliado significativamente, passando da utilização do computador para simples edição de texto até para a criação da realidade virtual.

As atividades computacionais são, em sua essência, ambientes de representação. Um programa de editor de texto, por exemplo, simula a existência de papel e tinta para a elaboração deste texto, ou seja, ao digitar no teclado e observar as letras aparecendo na tela do computador, estamos representando aquilo que veremos exposto no papel depois da impressão. Considerando o aumento do uso dos computadores no ensino e que eles são ambientes que favorecem a produção e manipulação de representações, o tema geral do estudo proposto neste trabalho é a utilização de diferentes formas de representação e suas translações. O ambiente virtual de simulação aparece como um contexto de pesquisa pela sua crescente popularização no Ensino de Ciências, quer seja como ferramenta de sala de aula, quer seja como objeto de pesquisa.

A discussão sobre as múltiplas representações (MR) é pauta de pesquisa recente no Ensino de Ciências e se justifica, pois

---

“a aprendizagem resultante da pluralidade de linguagens, nas suas diversas formas representacionais, em combinação com um discurso integrador, baseado em multimodos de representação, constitui um mecanismo pedagógico fundamental, na medida em que aprimora consideravelmente o processo de significação e oferece procedimentos variados de interpretação e entendimento” (LABURÚ; ZOMPERO; BARROS, 2013, p. 15).

Neste trabalho, buscamos o referencial da semiótica de Charles Sanders Peirce para discutir as representações a partir do seu conceito de signo. Acreditamos que esta teoria, que tem estado praticamente à margem das discussões no Ensino de Ciências, contribui com uma visão mais ampla sobre como os estudantes lidam com as representações. A partir de uma discussão mais aprofundada na semiótica de Peirce, propomos uma ferramenta de análise semiótica e discutimos potenciais aplicações desta ferramenta no entendimento de como os estudantes transladam entre representações.

É importante deixar claro para o leitor, que estamos assumindo que representações são inscrições, de variadas formas, em algum meio. Por exemplo, desenhos bidimensionais em papéis ou telas de computador, desenhos “tridimensionais” em computadores, maquetes, equações, gráficos, entre outros, são inscrições impressas em algum meio e, por isso, são consideradas representações. Por outro lado, a fala e o gesto são importantes formas de comunicar, mas que não são entendidas como representações pela comunidade de pesquisadores que discute a integração entre múltiplas representações, como pode ser visto na revisão da literatura. Finalmente, este trabalho iniciou com a intenção de analisar a integração entre múltiplas representações e finalizou ampliando seu escopo para a integração entre múltiplos signos, em coerência com a semiótica peirciana. Assim, no final deste trabalho, o leitor perceberá que a ferramenta proposta analisa a integração entre múltiplos signos e isto engloba a relação entre múltiplas representações.

Por fim, apresentamos neste capítulo introdutório, como organizamos esta tese. No capítulo 2 apresentamos uma revisão da literatura da área focada nas MR e, no final do capítulo, indicamos como a semiótica peirciana tem sido pouco, e superficialmente, utilizada nesta discussão. A partir desta revisão, no capítulo 3 é apresentada a questão de pesquisa que orientou este trabalho.

O capítulo 4 é o referencial teórico, ou seja, uma discussão mais aprofundada da semiótica de Peirce. Optamos por apresentar o referencial teórico após o objetivo por entendermos que o

---

conhecimento teórico da semiótica de Peirce fundamenta a construção da ferramenta de análise. O capítulo 5 apresenta a ferramenta em si, discutindo como pretendemos utilizá-la nas análises.

Para avaliarmos a aplicabilidade, coerência e relevância (potencial informativo) da ferramenta proposta, analisamos como uma licencianda de um curso de Física atribui sentido às representações nas relações multirrepresentacionais. Poucos trabalhos têm discutido o papel das MR nos cursos de formação de professores e, em especial, em ambientes de aprendizagem pautados por novas tecnologias. Utilizamos como contexto para coleta de dados os ambientes de simulação computacional por acreditarmos no papel ativo que os sujeitos devem ter com a própria aprendizagem e no potencial que essa ferramenta tecnológica confere a esta concepção pedagógica. Apresentamos, também, uma releitura de dados de um trabalho recentemente publicado a fim de indicar coerência da análise semiótica através da ferramenta com as recentes pesquisas na área e o potencial que ela oferece para novas interpretações.

Dessa forma, no capítulo 6 apresentamos a metodologia de coleta de dados da entrevista que conduzimos com a licencianda. Indicamos, também, a metodologia de análise de dados que subsidiou nossa interpretação da entrevista e da releitura dos dados do artigo escolhido.

Logo após a apresentação da metodologia, no capítulo 7, apresentamos a entrevista semiestruturada de uma licencianda e a análise semiótica via ferramenta proposta. No final do capítulo fazemos um apontamento crítico sobre a ferramenta, isto é, indicamos as situações em que a ferramenta ofereceu novas perspectivas para a área e também as limitações da sua utilização. No capítulo 8, analisamos um artigo sobre MR e múltiplos modos de comunicação, mostrando os resultados apontados pelos pesquisadores autores do trabalho. Paralelamente, fazemos uma releitura dos dados apresentados através da ferramenta desenvolvida em nosso trabalho e indicamos congruências e antíteses dos nossos resultados com os dos autores do artigo. Da mesma forma como fizemos no capítulo 7, ao final apresentamos uma síntese crítica da utilização da ferramenta neste contexto.

No capítulo 9, manifestamos nossas considerações finais e as potenciais implicações do resultado desta tese, a ferramenta de análise semiótica, para o Ensino de Ciências.

---

## CAPÍTULO 2. REVISÃO DA LITERATURA: UM OLHAR SOBRE AS MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES

Não há um só domínio de pesquisa interessado em processos cognitivos que não tenha incorporado às suas preocupações a noção de representação (QUEIROZ, 2004, p. 16).

Independentemente de interagirmos diretamente com o mundo, ou não, é através das representações que mediamos as relações humanas, que tornamos o diálogo compreensível para toda uma comunidade. Da mesma forma, a comunidade científica construiu um conjunto de representações comuns que possibilitou o diálogo entre os pares e, em certa medida, com outras comunidades. Sendo assim, a principal, senão a única, forma como lidamos com o conjunto de entidades em Ciências, especialmente a Física, é através das representações. Conceitos, objetos, fenômenos, relações, processos são exemplos de entidades que são manipuladas na Ciência através de representações.

As representações dão realidade material a entidades e processos imperceptíveis (KOZMA, 2003) e, desta forma, são fundamentais nos processos de ensino e aprendizagem. Isto é, sem o auxílio das representações, e da integração entre elas, não seria possível estabelecermos um processo de troca de sentidos entre professor e aluno, principalmente para processos e entidades imperceptíveis.

Já há algum tempo, as palavras são vistas como forma de mediar a troca de sentidos e, também, como formadoras do próprio pensamento (VYGOTSKY, 2001). Mais recentemente, outras representações além das palavras, têm assumido um papel que vai além de ser um meio comum de troca de sentidos, elas têm sido vistas como partícipes do processo cognitivo, como parte do próprio pensamento (DE JONG, 2010; KLEIN; KIRKPATRICK, 2010; KOZMA, 2003; LABURÚ; BARROS; SILVA, 2014; LEMKE, 1998, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2014; WALDRIP; PRAIN, 2012).

Ao considerar as representações como parte do pensamento, a comunidade aponta para a importância de se entender as representações como parte da aprendizagem. Como afirmam Hubber *et al.* (2010, p. 24), a “aprendizagem é fundamentalmente uma questão representacional”.

---

Diante dessa importância de entender as representações como parte do processo de aprendizagem, o tema geral deste trabalho, e de tantos outros que a revisão da literatura indica, é a forma como as representações, especialmente quando integradas, estão presentes nos processos de ensino e aprendizagem.

Este capítulo está dividido em duas seções. Na primeira, indicamos as principais questões sobre múltiplas representações (MR) que estão sendo discutidas na área de Ensino de Ciências. Na segunda, detalhamos um pouco mais as pesquisas que envolvem as relações multirrepresentacionais e semiótica, uma vez que esta relação é o foco específico deste trabalho.

## 2.1 AS MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS

As representações e as transformações entre elas estão presentes no processo de produção do conhecimento científico (LATOURETTE, 1997, 2001). Da mesma forma, no Ensino de Ciências, muitas vezes o caminho trilhado na formação de conceitos passa pela transformação de representações em um processo que tende a aumentar o grau de abstração dessas representações (por exemplo, ver REGO; GOUVÊA, 2013). Essa transformação de representações está presente em quase todo o conteúdo curricular de Ciências. Por exemplo, das figuras estroboscópicas de queda livre até o gráfico do movimento uniformemente variado, correspondente a este fenômeno, temos uma sequência de transformações representacionais que passam, em geral, da figura para o esquema, deste para o texto (explicação), em seguida para a equação e, finalmente, o gráfico.

Além disso, a importância de conhecer e comunicar-se através das representações nas Ciências assumiu um *status* de relevância nacional ao ser apontada, nos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002), como relacionada a um dos três grandes conjuntos de competências a serem desenvolvidas pelos estudantes: *representação e comunicação*; *investigação e compreensão*; e *contextualização sociocultural*. A produção, o entendimento e a manipulação, por vezes em um arranjo, de distintas formas de representação do conhecimento de Ciências no Ensino Médio são, portanto, competências requeridas ao estudante egresso deste nível de ensino. Como afirmam Laburú *et al.* (2013, p. 15), “pouco se duvida, atualmente, do valor pedagógico de engajar os estudantes na construção de representações diversificadas, de forma a ajudá-los a notar padrões e realizar cálculos e pensamentos”.

---

O papel das funções exercidas pelas representações no Ensino de Ciências ganha importância na medida em que buscamos entender como os estudantes atribuem sentidos às relações multirrepresentacionais no processo de translação entre formas de representação. No entanto, uma análise de translação entre representações requer a utilização de mais de uma representação, no mínimo duas. Uma vez que as funções que as MR desempenham não precisam ser, necessariamente, iguais às funções exercidas pelas representações isoladas, acreditamos que conhecimentos relevantes podem ser gerados a partir da análise das MR, ou seja, sobre uma cadeia de elementos de representação num recorte de quantas representações forem necessárias e/ou utilizadas em um contexto.

As representações individuais podem, cada uma a seu modo, contribuir para a formação de um conceito ou, “quando integradas, parecem ser apenas uma única representação indicando diferentes aspectos do domínio” (VAN DER MEIJ; DE JONG, 2006, p. 201). Quando esta integração forma uma nova representação, ainda que possa ser analisada pelas partes que a compõem, ela é uma representação diferente, com características únicas que vão além daquilo que cada representação seria capaz de indicar isoladamente. De outra forma, MR integradas tornam-se uma nova representação que não pode ser entendida como um simples agrupamento das representações que lhe originaram.

Nos trabalhos sobre MR, surpreendentemente, não é comum encontrarmos uma definição sobre o que é uma representação. Isto fica subtendido no texto e deve ser inferido pelo leitor. Por exemplo, em Stieff *et al.* (2011) a representação não assume o papel do objeto representado, mas é um símbolo dela, que destaca características próprias que o símbolo quer salientar. Do mesmo modo, Rego e Gouvêa (2013, p. 128) consideram a imagem “como representação de uma coisa, assim em sua materialidade, e, por ser representação, em sua convencionalidade”. Ao afirmar que a imagem tem materialidade em função da coisa, em si, reifica-se a “coisa” na imagem. Para ambos os trabalhos, o caráter representacional da imagem está associado à convencionalidade, o que destaca o papel da representação como uma ferramenta mediacional que permite a inserção do indivíduo em um mundo social, no caso o científico. Para Vygotsky (2001) a linguagem é a forma como os indivíduos pensam e, também através da linguagem, trocam sentidos entre si. A representação, entendida como parte da linguagem (especificamente como parte importante da linguagem científica), permite as trocas de sentidos entre a comunidade científica e, também, forma o pensamento científico em si.

---

Ainda no tocante à convencionalidade, Stieff *et al.* (2011) argumentam que alguns avanços na história da química foram consequência da invenção de um novo sistema representacional que caracterizava o fenômeno estudado. Um exemplo é o caso da Tabela Periódica. Depois de várias tentativas de se encontrar uma maneira de representar os elementos de forma a respeitar as características de periodicidade e similaridades das propriedades químicas, chegou-se ao formato mais aceito hoje, que foi proposto por Mendeleev. Este formato permitiu, além de organizar os elementos conhecidos, prever a existência de outros elementos até então desconhecidos e/ou extrapolar propriedades conhecidas de um elemento para outro cuja propriedade ainda não se conhecia quando a previsão foi feita. Por exemplo, depois de descobrir o comportamento supercondutor do Escândio em altas temperaturas, pode-se prever que o Ítrio também seria um supercondutor em altas temperaturas, pois ambos pertencem à mesma família na Tabela Periódica.

No entanto, as MR nem sempre são capazes de promover a aprendizagem do estudante como se espera. Alguns pesquisadores (AINSWORTH, 1999; BERTHOLD; EYSINK; RENKL, 2009; EILAM; POYAS, 2008; GOLDMAN, 2003; VAN DER MEIJ; DE JONG, 2006) indicam, em diferentes revisões bibliográficas, resultados similares quanto à relação entre aprendizagem e MR. Por exemplo, há indícios de que a exposição às MR aumenta a capacidade de reter informações dos estudantes. No entanto, os estudantes tendem a apresentar dificuldades para promover a translação entre formas de representação.

Uma das apostas para minimizar a dificuldade dos alunos em transladar entre formas de representação é fazer com que elas ocorram simultaneamente, isto é, promover conexões dinâmicas entre elas (AINSWORTH, 1999; KOZMA, 2003; MCELHANEY *et al.*, 2015; ROGERS, 1999; VAN DER MEIJ; DE JONG, 2006), o que confere grande potencial às simulações computacionais. Por outro lado, Ainsworth (1999) afirma que as simulações dinâmicas podem deixar os estudantes muito passivos e desencorajá-los a refletir sobre as conexões das MR. McElhaney *et al.* (2015) sugerem que conexões dinâmicas têm um desempenho melhor do que figuras estáticas para favorecer o aprendizado de conceitos. Porém, quando o aprendizado requer certa memorização, as conexões dinâmicas têm um desempenho pior do que figuras estáticas. Além disso, a múltipla exposição pode sobrecarregar a capacidade de entendimento dos alunos que têm de observar e relacionar duas ou mais representações executadas simultaneamente (LOWE, 1999).

---

Alguns pesquisadores (EILAM; POYAS, 2008; LOWE, 1999; REY, 2011; VAN DER MEIJ; DE JONG, 2006) têm discutido sobre a capacidade cognitiva dos alunos em lidar com a sobrecarga de informações em alguns processos de aprendizagem. A carga de capacidade de entendimento dos alunos, chamada de *cognitive load theory* (teoria de carga cognitiva, em tradução livre), é composta por três tipos: a carga intrínseca, que é inerente ao conteúdo; a carga irrelevante que é causada pela dificuldade do material instrucional (material didático); e a carga relevante, que se refere àquela imposta pelos processos de aprendizagem propriamente ditos (interpretação, classificação, inferência, síntese etc.) (DE JONG, 2010). Uma das questões importantes nos estudos da carga cognitiva está na concepção de que o excesso de informação pode gerar mais dificuldade para o estudante do que auxiliar um aprendizado efetivo. O que se pretende buscar nessa linha de pesquisa é um modelo que ajude a explicar a causa dessas dificuldades geradas, a fim de indicar caminhos para a elaboração de materiais instrucionais adequados ao nível de ensino. Embora as MR não estejam no centro da discussão da teoria da carga cognitiva, elas têm sido vistas como uma das formas de se propiciar uma aprendizagem significativa, pois auxiliam os estudantes a lidar com várias informações simultaneamente.

Bodemer *et al.*(2004), por exemplo, sugerem que as informações integradas e dinâmicas, como as MR em simulações computacionais, contribuem para diminuir a carga cognitiva irrelevante e para aumentar a relevante. Em outras palavras, elas aliviam a capacidade de processamento dos estudantes diminuindo tarefas alheias ao aprendizado e aumentam a carga para o desenvolvimento de habilidades cognitivas como análise, síntese, abstração etc.

A maior parte dos trabalhos sobre MR aborda a compreensão de estudantes do Ensino Fundamental e do Médio sobre as mesmas. Dos trabalhos que abordam estudantes de Licenciatura, a maioria trata das MR no domínio da Matemática. Uma busca por artigos em um site de busca especializado em periódicos acadêmicos com uma combinação dos termos “pre-service teacher”, “preservice teacher”, “teacher training”, “teacher education” e “multiple representation”, levando em consideração artigos publicados a partir de 2009, resultou num total de aproximadamente 200 artigos. Boa parte deles não trata do assunto, mas contém alguns destes termos nos títulos das referências. Os outros artigos sobre o tema são da área de Ensino de Matemática. Assim, no nosso levantamento só encontramos um trabalho na área de Ensino de Ciências sobre o papel das MR em cursos de formação de professores, o que indica uma lacuna importante a ser preenchida pelos pesquisadores da área.

Neste trabalho, Olaleye (2012) investigou o impacto que um curso de formação continuada causou no trabalho de professores de química. O curso de formação tinha, como objetivos: (1) elevar o conhecimento dos professores sobre planejamento e ensino de conceitos químicos por meio de atividades centradas nos estudantes e usando múltiplas representações; (2) criar e construir representações multimodais de conceitos químicos; e (3) reconhecer diferentes formas nas quais as representações dos estudantes podem ser utilizadas para acessar o entendimento deles sobre conceitos químicos.

O trabalho ocorreu em um distrito do Estado de Lagos, Nigéria. Olaleye promoveu um curso de formação continuada de curta duração (2 dias) para 15 professores voluntários, cujo nível de atuação corresponde ao Ensino Médio brasileiro. Seu objetivo foi avaliar o impacto do referido curso sobre (i) o conhecimento, (ii) a crença no efetivo processo de ensino e aprendizagem de química e (iii) a prática do docente. Após o desenvolvimento do curso, ele observou 3 professores em sala de aula aplicando uma atividade que fora desenvolvida no curso e entrevistou cada professor e alguns de seus alunos após a aplicação da atividade. Na categorização dos sujeitos o pesquisador solicitou aos professores que indicassem os desafios que eles encontravam na profissão. As respostas obtidas por Olaleye (2012, p. 43) não diferem muito da realidade encontrada por professores brasileiros:

- dificuldade com laboratórios e equipamentos;
- material didático (para além do livro);
- postura dos estudantes;
- quantidade de alunos por turma;
- conhecimento prévio dos estudantes;
- acesso a livros (inclusive os didáticos);
- currículo extenso.

Uma das conclusões a que ele chegou é a de que os professores mudaram a concepção de ensino centrado no professor para uma visão de aprendizagem centrada no estudante. Segundo o autor, quando os professores desenvolveram atividades utilizando MR, o enfoque da aula saiu do processo expositivo para uma atitude mais participativa e engajada dos estudantes. Os professores entrevistados reconheceram a mudança de comportamento dos estudantes na sala de aula e a necessidade de colocar os estudantes no centro da aprendizagem. Desta forma, a utilização de MR pode ser uma ferramenta que auxilia na formação de um professor preocupado em colocar o estudante no centro da aprendizagem.

---

Hubber *et al.* (2010) desenvolveram um projeto com professores já formados e atuantes no Ensino Fundamental e chegaram às mesmas conclusões de Olaleye, isto é, centrar a aprendizagem em processos representacionais mudou a visão pedagógica dos professores de forma que eles deram mais autonomia para os estudantes terem uma atitude mais ativa perante o processo de aprendizagem.

Entre as diferentes linhas de pesquisa que envolvem as MR, há uma discussão sobre as funções pedagógicas que as representações têm quando são integradas.

### *2.1.1 As funções das representações em espaços de MR*

Alguns pesquisadores têm buscado compreender o papel das MR no Ensino de Ciências (ADADAN; IRVING; TRUNDLE, 2009; AINSWORTH, 1999; DUFRESNE; GERACE; LEONARD, 1997; NIEMINEN; SAVINAINEN; VIIRI, 2012; WU; PUNTAMBEKAR, 2012). As pesquisas sobre as MR envolvem buscar a compreensão do papel das mesmas em situações como resolução de problemas, reconhecimento de concepções alternativas, consistência representacional, desenvolvimento de processos científicos, desenvolvimento de atividades pedagógicas em ambientes virtuais, entre outros. As situações de aplicação das MR são muito diversas, assim como os papéis exercidos por elas no ensino.

Ainsworth (1999) analisou as funções das MR em ambientes virtuais de aprendizagem. Para isso, a autora analisou alguns programas de computador e, em conjunto com um trabalho de revisão da literatura, mapeou diferentes funções exercidas pelas MR nos processos de ensino e aprendizagem. O objetivo de seu trabalho foi diagnosticar as diferentes formas pelas quais as MR são usadas para embasar processos cognitivos em aprendizagem e em resolução de problemas utilizando computadores. Além disso, ela buscou analisar criticamente a maneira como se visualiza o uso das MR não só como benefício motivacional, mas também para a construção de um conhecimento mais aprofundado acerca de um tema. Dessa forma, Ainsworth apresenta uma sugestão de taxonomia (figura 2.1) para categorizar as funções das MR nesse ambiente de aprendizagem. Com esta taxonomia, a autora pretende contribuir para a discussão sobre o papel das MR no ensino ao discutir quando utilizá-las – o que, para ela, nem sempre é a melhor opção. No entanto, sua pesquisa procurou analisar o papel que as MR estariam desempenhando com o olhar na própria representação ou em como elas foram usadas nas pesquisas de outros autores. Sua análise das MR independe de quem conduz a translação entre

representações. Ou seja, as funções destacadas na figura 2.1 não diferenciam se (i) os papéis são atribuídos pelos estudantes ao realizarem, eles mesmos, essas translações (quando for o caso); (ii) os estudantes conseguem identificar os diferentes papéis em diferentes representações sem fazerem a translação; ou (iii) as funções são atribuídas pelos pesquisadores sem que isto seja posto ou identificado pelo estudante. Enfim, o diagnóstico apresentado na figura 2.1 aponta para uma diversidade de funções percebidas em uma variedade de situações que não são diferenciadas no estudo.

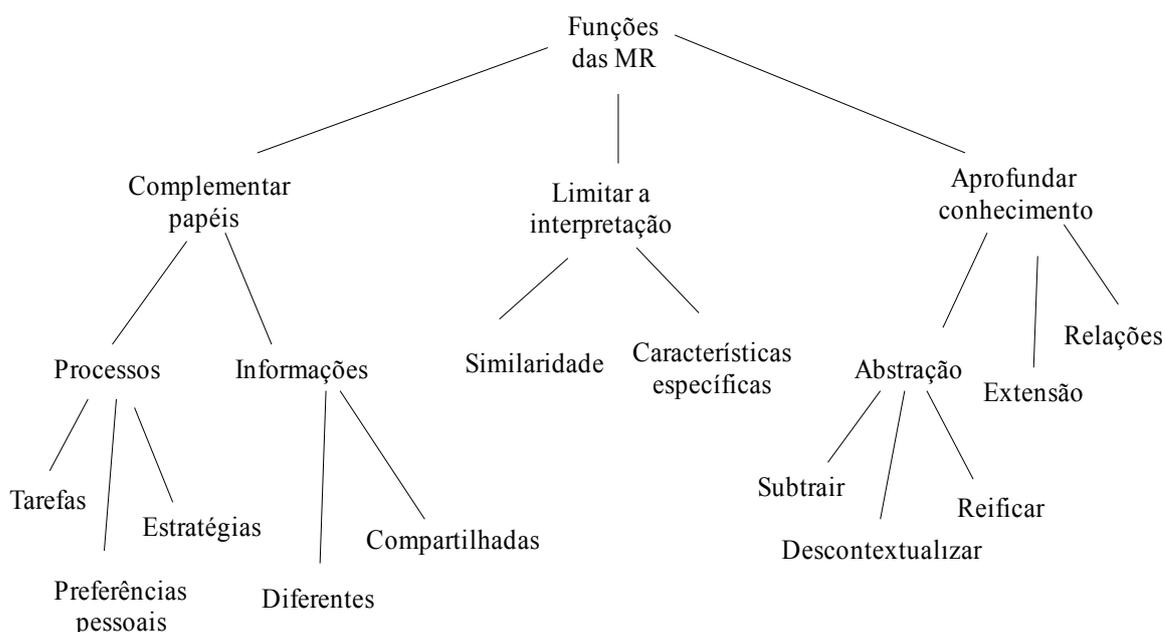
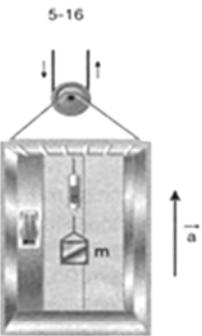


Figura 2.1 - Taxonomia de funções das MR proposto por Ainsworth (1999, p. 134)

Neste trabalho, apresentamos um processo de integração entre MR. Por isso, detalhamos a proposta de taxonomia das funções das MR para buscar nela elementos que nos auxiliem nesta tarefa. Desta forma, propomos exemplos de cada um dos processos acima com a intenção de expor nossa interpretação para cada uma das funções. Ao fazer isto, a identificação de cada uma das funções é apresentada em *itálico*.

As MR cumprem papéis complementares quando, ao serem integradas, se espera que a representação transladada complemente, de alguma forma, a representação inicial. A complementaridade de processos diz respeito a situações nas quais as representações são usadas para, em geral, solucionar problemas. As MR utilizadas como *complementação de tarefas* são utilizadas quando se demanda mais de uma tarefa para o aluno. Neste caso, é comum que cada forma de representar se adeque melhor a uma determinada tarefa. Consideremos o exemplo apresentado na figura 2.2, no qual os autores de um livro resolvem um exercício constituído de

diferentes tarefas. Para cada tarefa, há uma resolução textual (texto e equação) e uma referência explícita a outra representação (figura). Na solução do item a do exemplo, há uma menção explícita à figura 5-17-a. Já na solução do item b, a figura 5-17-b, que tem diferentes elementos em relação à figura anterior, se mostra mais adequada à tarefa solicitada. Da mesma forma, o item c faz referência à figura 5-17-c, que tem vantagens próprias para a resolução desta tarefa, mas que se mostraria ineficaz caso fosse utilizada para a resolução do item a, por exemplo.



**Fig.5-16:** Um corpo está sendo pesado no interior de um elevador que sobe acelerado.

### Exemplo 3

Um corpo, de massa  $m = 10 \text{ kg}$ , está pendurado em uma balança de molas, presa ao teto de um elevador (fig. 5-16). O elevador está subindo com uma aceleração  $a = 3,2 \text{ m/s}^2$ .

a) Qual a resultante das forças que atuam no corpo suspenso?

A resultante,  $\vec{R}$ , será obtida pela 2ª lei de Newton,  $\vec{R} = m\vec{a}$ . O corpo terá, evidentemente, a mesma aceleração do elevador, isto é, uma aceleração vertical, para cima, de módulo  $a = 3,2 \text{ m/s}^2$ . Portanto,  $\vec{R}$  também será vertical, para cima (fig. 5-17-a), de módulo

$$R = ma = 10 \times 3,2 \quad \text{donde} \quad R = 32 \text{ N}$$

b) Qual o valor da força com que a mola puxa o corpo?

As forças que atuam no corpo são: seu peso  $m\vec{g}$  e a força  $\vec{F}$  exercida pela mola. Como a resultante  $\vec{R}$  está dirigida para cima, concluímos que  $\vec{F}$  deve estar dirigida para cima, com módulo **maior** do que  $mg$  (fig. 5-17-b). O módulo da resultante  $\vec{R}$  será dado pela diferença entre os módulos de  $\vec{F}$  e  $m\vec{g}$ . Portanto

$$R = F - mg$$

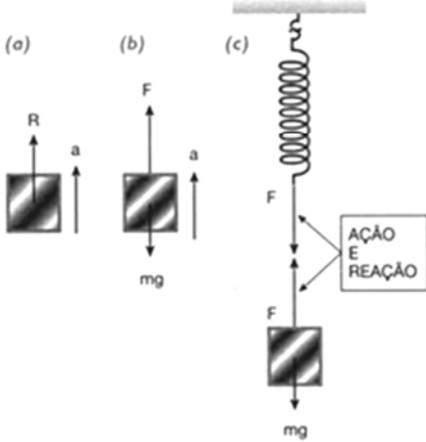
Como sabemos que  $R = 32 \text{ N}$  e que  $mg = (10 \times 9,8) \text{ N} = 98 \text{ N}$ , teremos

$$32 = F - 98 \quad \text{donde} \quad F = 130 \text{ N}$$

c) Qual é a leitura da balança de molas?

Como a mola puxa o corpo para cima com uma força  $\vec{F}$ , o corpo reage e puxa a mola para baixo com uma força igual e contrária a  $\vec{F}$  (fig. 5-17-c). Portanto, a mola está sendo esticada por uma força de módulo  $F = 130 \text{ N}$  e esta força é que será indicada pela balança.

Observe que a indicação da balança (130 N) é maior do que o peso do corpo (98 N). A indicação da balança é denominada "peso aparente" do corpo. Assim, o fato de o elevador estar acelerado para cima nos dá a impressão de que os objetos, em seu interior, se tornaram mais pesados. Você deve observar isto quando entra em um elevador e ele "arranca" para cima.



**Fig.5-17:** Para o exemplo 3.

Figura 2.2 - MR utilizadas como complementação de tarefas (MÁXIMO; ALVARENGA, 2006, p. 156)

Outra situação ocorre quando os estudantes se apoiam em mais de uma representação para criar uma estratégia para solucionar um problema ou entender algum fenômeno. Neste caso, as representações não estão necessariamente ligadas diretamente à solução de tarefas; elas podem estar relacionadas, mas de maneira indireta, isto é, primeiro as representações são utilizadas para *complementar estratégias* e depois estas são usadas para solucionar uma tarefa. Embora a utilização de MR como complemento de estratégias seja mais comum na solução de tarefas, por

vezes é possível utilizá-las para favorecer os processos de ensino e aprendizagem. Por exemplo, em outro livro, os autores utilizam três estratégias diferentes para explicar a força empuxo exercida por fluidos. Para cada explicação foi utilizado uma representação adequada ao contexto, como pode ser visto na figura 2.3.

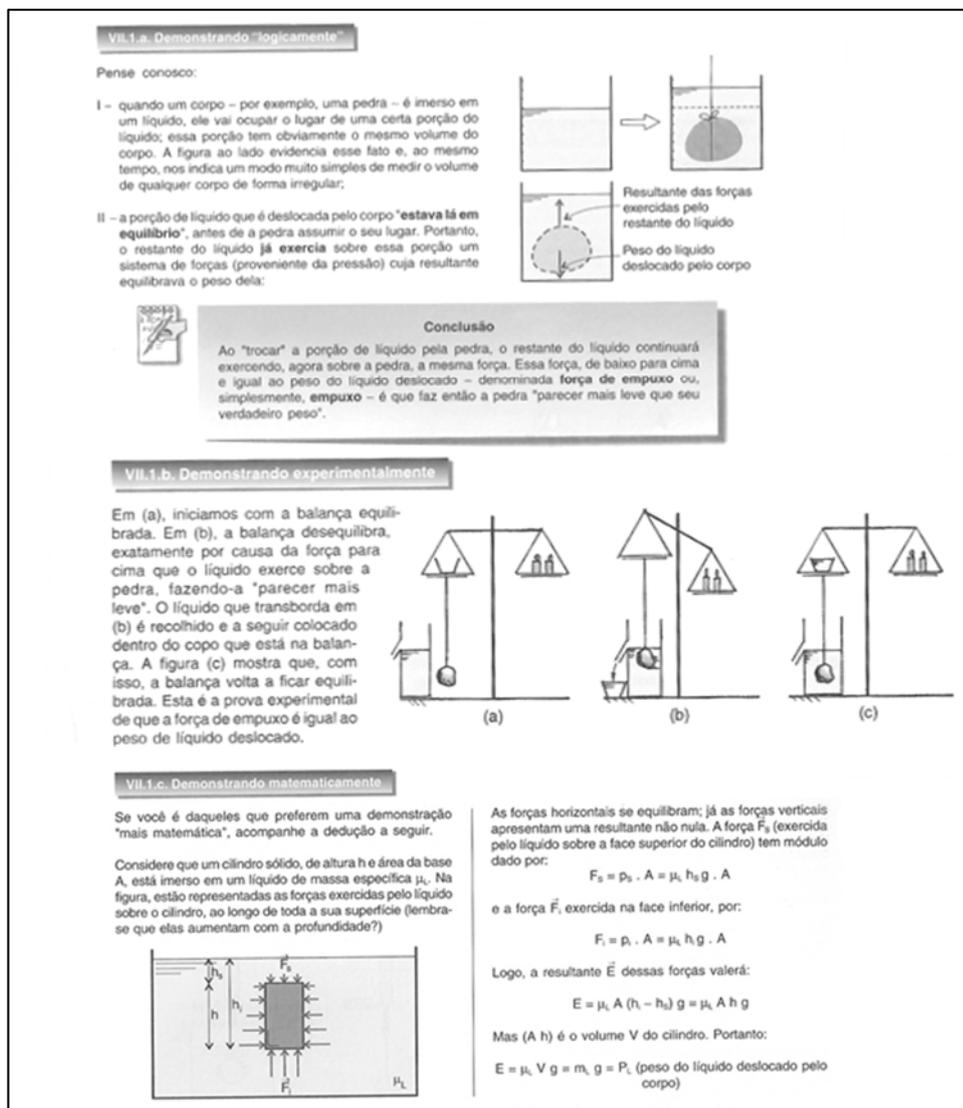


Figura 2.3 - MR na complementação de diferentes estratégias (GUIMARÃES; FONTE BOA, 2006, p. 408 e 409)

Ainda, diferentes representações podem ser escolhidas em função de *preferências dos estudantes* por uma ou outra forma de representação. Esta preferência pode estar associada à facilidade de entendimento por parte do estudante, ao seu hábito em trabalhar com certas representações, à instrução recebida por ele na sua vida acadêmica etc.

Outra função complementar é o compartilhamento de informações. Se a quantidade de informações é muito grande, uma representação pode ficar muito carregada e o excesso de

---

informações pode confundir o estudante. Neste caso, é comum que se use mais de uma representação *dividindo as informações* entre elas. Assim, as informações tendem a ficar diretas e fáceis de serem vistas e intercaladas entre as representações. Neste caso, não há duplicidade de informações entre as representações e as diferentes informações nas diversas representações constituem o todo. Por exemplo, uma força simbolizada apenas pela letra F, que indica características modulares da força, não tem o mesmo significado de uma força representada pela letra F sob uma seta  $\vec{}$ ,  $\vec{F}$ . Neste caso, a seta, que indica características vetoriais, é uma representação que complementa as informações explicitadas unicamente pela letra F.

Por outro lado, esta nova representação,  $\vec{F}$ , pode ser pensada, a partir do momento em que se integrou os dois signos, como uma única representação. Desta forma, ela adquiriu um novo significado diferente daquele que pode ser pensado para as duas representações isoladamente, F e  $\vec{}$ . Nesta integração houve uma atribuição de significados. Hipoteticamente, o F pode ter atribuído um sentido à seta (que isolada é somente uma seta) qualificando-a como representação para vetor. Estes processos de atribuição de sentidos não estão claros na literatura e estamos buscando entender como eles ocorrem. De qualquer forma, cumprindo a função pedagógica de compartilhamento de informações diferentes, as MR criam situações potenciais para observarmos processos de atribuição de sentidos entre as representações.

Além disso, há também o compartilhamento, no qual duas ou mais representações fornecem *parcialmente a mesma informação* (que pode ser um conceito, uma inferência, traços visuais iguais etc.). Assim, as características iguais permitem aos estudantes conectar diretamente as diferentes representações ou, ainda, obter conclusões parciais semelhantes. Essas características semelhantes facilitam a translação entre as representações que o estudante deve fazer, pois os traços ou informações iguais são um elo forte nas MR. No entanto, há características únicas em cada representação que permitem que os estudantes façam inferências próprias a partir de cada uma, ou da integração entre elas.

Por exemplo, na figura 2.4 o autor utilizou duas formas de representação praticamente iguais. A única diferença entre elas é a conversão de uma representação icônica, na primeira, para uma representação simbólica, na segunda. Com isso, o autor atribuiu à representação simbólica o significado de espelho esférico para que o estudante reconheça tal representação utilizada ao longo do livro e em outras situações comuns do Ensino de Física. Vale destacar o código de

cores escolhido pelo autor: a mesma cor para os raios de luz e, principalmente, a mesma cor azulada para o ícone espelho e o símbolo do mesmo espelho. Essa codificação tende a facilitar que o aluno faça a translação entre as representações.

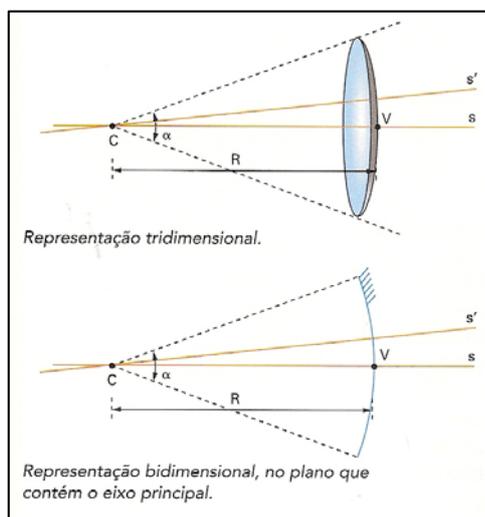
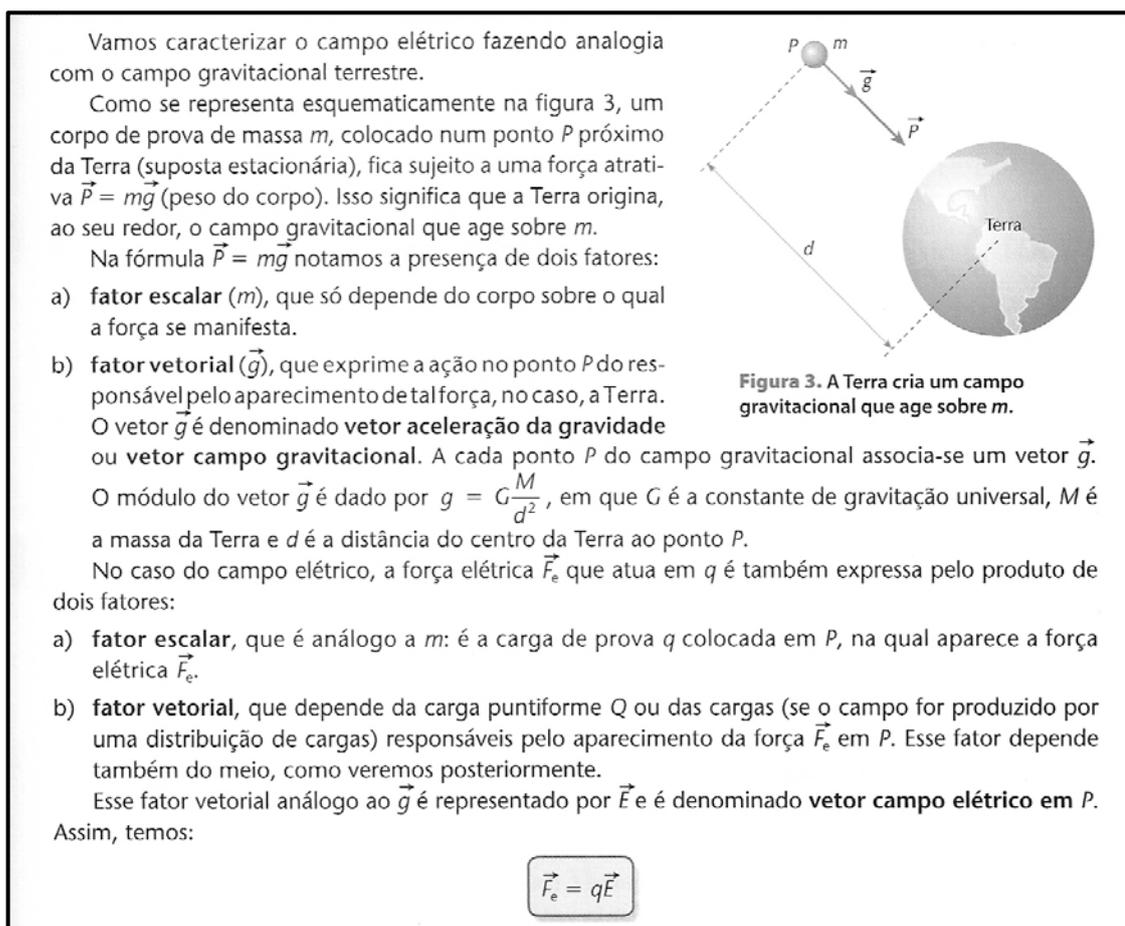


Figura 2.4 - MR utilizadas para complementar informações compartilhadas (GASPAR, 2009)

Quando as MR são usadas para limitar as interpretações, deseja-se que uma representação dê orientações sobre como se deve analisar a outra. Em outras palavras, uma representação atribui um sentido, um significado a outra. Em algumas situações, pode-se usar uma representação familiar ao indivíduo para facilitar a compreensão de outra desconhecida, ou mais abstrata e, nestes casos, a função é identificada como de *similaridade*. Tal processo aparece comumente em representações analógicas, com ou sem o mapeamento necessário. Por exemplo, na figura 2.5, os autores exploram uma representação sobre campo gravitacional, familiar a um aluno do 3º ano do Ensino Médio, para auxiliar no entendimento de campo elétrico.



**Figura 2.5 - MR utilizadas para facilitar a compreensão de um conteúdo a partir de uma representação conhecida (RAMALHO JUNIOR; FERRARO; SOARES, 2007)**

Ao fazer o mapeamento entre os diferentes domínios (força gravitacional e força elétrica), os autores estão atribuindo sentidos às relações matemáticas e conceituais existentes na eletricidade. Por exemplo, fica explícito na figura 2.5 que os autores atribuem um significado à força elétrica como um produto entre uma grandeza escalar e uma vetorial. Este significado atribuído a essa relação matemática veio da representação da força gravitacional ( $\vec{P} = m\vec{g}$ ). Assim, uma representação similar permitiu uma relação analógica com uma representação desconhecida. Para que essa atribuição de sentidos ocorra de maneira satisfatória, as relações analógicas devem ser bem estabelecidas e mapeadas, como indica o exemplo acima (MOZZER; JUSTI, 2015).

Outra possibilidade de se usar as MR é para identificar *características específicas* de um fenômeno que não podem ser distinguidas em uma representação, ou são de difícil percepção, mas podem ser facilmente identificadas em outra forma de representação. Por exemplo, parece ser mais fácil perceber a variação da posição em um movimento uniformemente variado pelo

gráfico posição em função do tempo do que através da função horária da posição para o mesmo movimento. A figura 2.6 evidencia essa diferença de facilidade de percepção.

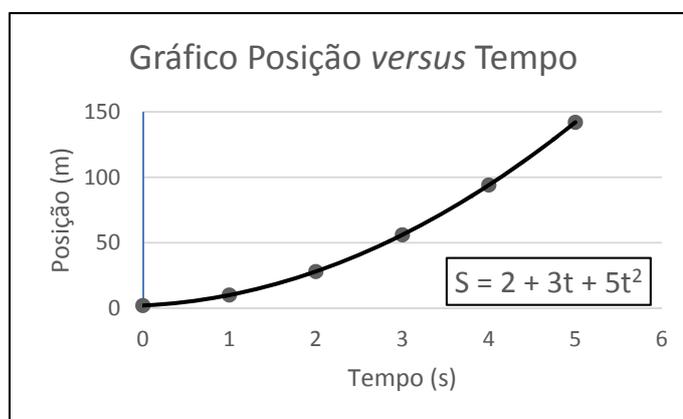


Figura 2.6 - O gráfico auxilia na interpretação da variação da posição que seria de difícil interpretação apenas através da equação horária da posição

Para aprofundar no conhecimento de determinado conteúdo, as MR podem ser utilizadas com diferentes funções. *Abstrair* a partir de diferentes representações requer a capacidade de subtrair das representações características essenciais do fenômeno ou entidade representada, sabendo descartar detalhes irrelevantes para a compreensão do fenômeno. Quando, por exemplo, se representa um próton como uma esfera azul com um sinal positivo (+) e um elétron como uma esfera vermelha com um sinal negativo (-), há algumas informações que são irrelevantes para a construção do conhecimento. O estudante que subtrai informações importantes nessas representações destaca que prótons e elétrons são entidades discretas, uma com carga positiva e outra com carga negativa. Irrelevante neste caso é se a representação do elétron tem o formato de uma esfera ou um quadrado, se a do próton é azul ou amarela. Sabemos que representações podem construir visões distorcidas para o estudante. Assim diferentes MR podem ajudar o aluno, aos poucos, a abstrair o que é relevante no que se quer ensinar. Neste caso, irrelevante é a informação que não faz parte do conceito ou fenômeno, e não uma questão de atribuição de importância dada pelo professor, ou mesmo pelo aluno.

A *descontextualização* de processos/entidades ocorre quando as MR permitem que o estudante subtraia alguns de seus elementos e os desconecte do contexto de origem. Neste caso, as entidades subtraídas adquirem um novo *status* ontológico para o sujeito. No entanto, não se espera que o estudante seja capaz de extrapolar essas entidades descontextualizadas em diferentes contextos. Por exemplo, na introdução do estudo de eletricidade, espera-se que ele consiga abstrair que uma carga não tem forma definida. A capacidade de extrapolação é a

---

característica de *reificar* as entidades subtraídas, operando com elas nos mais diferentes contextos.

A *extensão* é a capacidade de generalização que as MR permitem ao estudante, tanto para fora do domínio quanto aprofundando dentro do mesmo domínio. Algumas representações são aprendidas em determinados domínios e uma das funções das MR seria estender o domínio de aplicação de determinadas representações. Por exemplo, o estudante pode aprender a utilizar tabelas e construir gráficos no domínio da Matemática. A extensão, como função das MR, pretende que se amplie a capacidade de utilizar tabelas e construir gráficos para outros domínios além da Matemática, como a Física e a Química. Outra possibilidade de extensão é generalizar um conceito aprendido em determinado domínio com determinadas representações e incorporar esse novo conhecimento para gerar/compreender outras representações. Neste caso, as MR seriam usadas para aprofundar um conhecimento em um mesmo domínio. Por exemplo, pode-se pretender que o estudante aprenda o conceito de aceleração e a sua equação matemática a partir de uma análise gráfica. Em seguida, a extensão se dá quando o estudante aplica este conhecimento, por exemplo, numa solução de problema com representação em desenhos ou vetorialmente.

A função de *entendimento sobre as relações* consiste em deixar claro para os estudantes as relações entre as diferentes representações. Esta função difere sutilmente da extensão apenas no caráter pedagógico das MR. Neste caso, deseja-se ensinar explicitamente as relações entre as diferentes representações.

As translações entre formas de representação cumprem, portanto, diferentes funções em variados contextos e necessidades pedagógicas. Vale destacar que um conjunto de MR pode estar desempenhando mais de um papel ao mesmo tempo, ou seja, as funções exercidas pelas MR em um contexto de ensino podem ser variadas.

As MR cumprem diferentes papéis pedagógicos e, em alguns deles, percebe-se que há uma atribuição de sentidos, de tal forma que uma representação impõe uma forma de interpretar a outra. Mais especificamente, o compartilhamento de informações e a limitação nas formas de interpretação são as funções exercidas pelas MR que apresentam nitidamente a relação de atribuição de sentidos entre as MR.

---

## 2.2 REPRESENTAÇÕES E SEMIÓTICA

A semiótica é o estudo dos signos e dos modos de comunicação. Isto implica em dizer que a semiótica estuda o sistema de signos e a extensão de métodos linguísticos a modos de comunicação que estão além da língua natural. Assim, a semiótica é uma ampla área de estudo que envolve tanto os elementos da comunicação como palavras, textos, imagens etc. (os signos e o sistema que os sustentam) quanto os modos de comunicação como verbal (escrito ou oral), imagético, gestual etc. (entendendo estes modos como funcionalmente similares à língua). Resumidamente, diz-se que semiótica é a teoria dos signos, quer estes sejam elementos da linguagem ou modos de comunicação.

As representações podem cumprir um papel como um signo ou como um modo de comunicação. Isto é, um texto, por exemplo, pode ser analisado como modo de comunicação, mas também como signo. Assim como o texto, o gesto, a imagem, o esquema etc. podem ser analisados pelas duas perspectivas. Desta forma, o estudo sobre MR se insere na semiótica, quer este campo de conhecimento seja entendido como modo de comunicação ou como a análise sógnica. É possível encontrar na literatura uma ampla gama de trabalhos que analisam as MR com o olhar sobre os diferentes modos de comunicação (ADADAN; IRVING; TRUNDLE, 2009; AINSWORTH, 1999, 2006; LABURÚ; BARROS; SILVA, 2014; OLIVEIRA et al, 2014; SCHNOTZ; BANNERT, 2003; SCHNOTZ; LOWE, 2003; WU; PUNTAMBEKAR, 2012). No entanto, poucos trabalhos exploram as representações como signos e as analisa dentro do sistema de signos. Desta forma, este trabalho pretende ser uma contribuição para uma área em que as pesquisas são escassas.

Peirce afirma que signo é triádico, isto é, além da ligação entre o signo e o objeto representado, há o elemento chamado de interpretante que é, também, indissociável na formação do signo. Nesta perspectiva, o interpretante (e não intérprete) é signo ativo no processo de significação da representação. Acreditando que os processos de aprendizagem envolvem sempre uma relação ativa do estudante, optamos pelo referencial peirciano de análise semiótica. Em outras palavras, e concordando com Waldrip *et al.* (2010) e Oliveira *et al.* (2014), as perspectivas semiótica e sociocultural são compatíveis e complementares no que diz respeito ao entendimento sobre aprendizagem. Como já foi dito no capítulo introdutório, as bases fundamentais da semiótica de Peirce estão detalhadas no capítulo 4. Por ora nos cabe uma

---

revisão da literatura que envolva a perspectiva peirciana de signos nas relações multirrepresentacionais no Ensino de Ciências.

A aproximação entre as MR no Ensino de Ciências e a semiótica dos signos de Peirce ainda é tênue. Por exemplo, em 2010 o periódico *Research in Science Education* propôs um número especial para discutir representação e letramento científico. Para escrever um artigo que apresentasse o panorama geral do que foi discutido neste número da revista, os editores convidaram dois autores: Klein e Kirkpatrick. Eles apontaram, de maneira geral, que os trabalhos sobre representações concordam que, semioticamente, cada representação é um signo, que por sua vez é interpretado por outros signos (KLEIN; KIRKPATRICK, 2010). No entanto, o único artigo deste número especial que discute, de alguma forma, a representação como processo s<sup>í</sup>gnico é o de Waldrip *et al.* (2010). Os demais exploram a semiótica como modos de comunicação. Neste trabalho, os autores utilizam a semiótica, baseada em Peirce, como fundamentação teórica para o desenvolvimento de uma ferramenta de planejamento e avaliação de representações elaboradas e expressas pelos estudantes. Ou seja, ainda que exista o reconhecimento de que as representações são signos que são interpretados por outros signos, as relações s<sup>í</sup>gnicas estão sendo alvo de poucas pesquisas.

Oliveira *et al.* (2014) fazem uma análise semiótica do processo de leitura em voz alta, conduzido por professores e alunos. Os autores apontam a importância da leitura em voz alta do professor como um processo de significação do texto didático (que envolve texto e imagem). Neste trabalho eles mostram que os gestos dos professores são fundamentais para promover a atribuição de sentido às figuras expostas no texto. Em acordo com o referencial peirciano, os autores analisam os gestos dos professores com um signo e fazem a relação destes gestos com as imagens. Isto amplia a visão de signo no Ensino de Ciências para além das representações bidimensionais ou concretas. Por outro lado, Oliveira *et al.*, fazem uma simplificação da teoria peirciana comumente encontrada na literatura. Muitos trabalhos que utilizam o referencial peirciano em vários campos do conhecimento restringem a análise do signo às relações entre a representação e o objeto: o ícone, o índice e o símbolo (MARTINS; QUEIROZ, 2010; SANTAELLA, 2002). Esta limitação na forma de ver o signo diminui o potencial da semiótica de Peirce como ferramenta de análise das relações s<sup>í</sup>gnicas.

Wladrip *et al.* (2010), por outro lado, utilizam uma definição peirciana de signo mais expandida, isto é, analisam o signo como sendo composto por três partes indissociáveis: o signo em si

---

mesmo (*representamen*), o objeto e o interpretante. No entanto, os autores sugerem certa rigidez dos elementos que compõem a tríade sígnica de Peirce. Para eles, o interpretante é, por exemplo, um conceito e o objeto um artefato. No entanto, estas definições não são rígidas para Peirce, que admite que qualquer coisa possa ser qualquer elemento da tríade. Em outras palavras, um conceito pode ser um interpretante, mas ele pode ser igualmente um *representamen* ou um objeto, dependendo do contexto em que o signo se insere. Não há diferença ontológica entre *representamen*, objeto e interpretante, pois todos são, para Peirce, signos. O que os diferencia é o lugar que eles ocupam na relação triádica no contexto de utilização.

Em uma tese recente, Klein (2011) propõe uma aproximação entre a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e a teoria semiótica de Peirce. Essa autora se baseia em Peirce para definir a ideia de significação, segundo a qual o significado se dá em um processo dinâmico e interativo entre a representação e o representado. Assim, ela realiza uma análise das MR entendendo o processo de significação como sendo o resultado de uma semiose. Para isso, ela faz um trabalho cuidadoso de entender o signo, do ponto de vista peirciano. No entanto, o papel do signo na sua análise não foi relevante, uma vez que o mesmo ficou restrito à fundamentação teórica do processo de significação. Isto quer dizer que a semiótica foi, para esta pesquisa, uma fundamentação teórica, assim como no trabalho de Waldrip *et al.* (2010).

Por outro lado, Oliveira *et al.* (2014) utilizaram o referencial peirciano como uma metodologia de análise. Isso nos indica que a semiótica de Peirce abre um horizonte de pesquisa podendo ser utilizada como fundamentação teórica ou como metodologia. Como afirmam Trevisan e Carneiro,

São inegáveis as contribuições que a semiótica – ciência do signo – pode dar à pesquisa sobre o ensino de ciências, posto que descreve com rigor teórico e metodológico necessários os processos envolvidos na produção das linguagens que, em sinergia, constituem o discurso científico. (TREVISAN; CARNEIRO, 2009, p. 480)

Trevisan e Carneiro (2009) utilizaram a semiótica de Peirce para analisar a metáfora como um signo. Segundo os autores, a metáfora é um signo com característica de Terceiridade, isto é, um signo que une o conceito alvo e o conceito fonte a partir de um elo de significação. Neste trabalho, os autores utilizaram a semiótica como fundamentação teórica e metodológica na análise de uma representação de uma célula em um livro de Biologia. Suas conclusões apontam

---

para a importância da metáfora como ferramenta didática, mas ressaltam os limites impostos pela própria metáfora na construção de conceitos.

Martins e Queiroz (2010) apresentam um trabalho no qual analisam a característica de um signo escolhido pelos autores: as setas que aparecem nos livros didáticos do Ensino Fundamental. Neste trabalho, os autores se preocupam com a análise dos três elementos que compõem o signo (*representamen*, objeto e interpretante) e as relações entre eles. De todos os trabalhos citados nesta seção, este é o único que utiliza as dez classes de signos proposta por Peirce na análise. A partir daí, os autores sugerem um aprofundamento na teoria semiótica de Peirce não só como fundamentação teórica, mas também como ferramenta de análise. Vale destacar que tanto Martins e Queiroz quanto Trevisan e Carneiro são autores cujas origens acadêmicas e focos de pesquisa são a filosofia e a linguagem. Assim, em seus artigos, percebemos uma tendência de o ensino de ciências ser um contexto de aplicação da semiótica.

Em outra tese recente, Souza (2012) analisa as representações presentes em livros de Química Geral publicados no Brasil no século XX. Ela fundamenta seu trabalho na semiótica para analisar quais aspectos as representações destacam e propõe categorias de análise como, por exemplo: (i) laboratório e experimentação; (ii) indústria e meios de produção; (iii) gráficos e diagrama; (iv) cotidiano; (v) modelos; entre outras. Ao fazer esta categorização das imagens, a autora relaciona as diferentes representações aos objetos que elas indicam. Em outras palavras, ela analisa semioticamente a relação entre o signo e o objeto para indicar que aspectos eram destacados como relevantes nas obras de Educação em Química do século passado. Desta forma, Souza fundamentou teoricamente seu trabalho na semiótica e a utilizou também como ferramenta metodológica. No entanto, sendo coerente com os objetivos do trabalho, ela restringiu a análise do signo à relação entre signo-objeto. A característica triádica do signo, embora destacada no referencial teórico, não foi relevante na análise, de forma que a relação entre o signo e o interpretante não foi utilizada para compor o referencial de análise.

Em síntese, poucos trabalhos exploram o referencial peirciano para análise das representações e das relações multirrepresentacionais no Ensino de Ciências. Destes poucos trabalhos, uma quantidade menor ainda aprofunda na concepção de signo, de Peirce, para analisar as representações. Desta revisão, somente dois trabalhos analisaram seus dados com a perspectiva triádica (*representamen*, relação signo-objeto e relação signo-interpretante) e estes dois trabalhos são referenciais da filosofia e linguagem (MARTINS; QUEIROZ, 2010; TREVISAN;

---

CARNEIRO, 2009). Outros trabalhos fundamentaram teoricamente seus trabalhos em uma visão ampla das ideias de Peirce, mas a análise dos dados não levou em consideração toda a amplitude proposta por Peirce ao signo (esse recorte pode estar associado a limitações na interpretação da semiótica por parte dos pesquisadores ou aos objetivos propostos na pesquisa) (OLIVEIRA *et al.*, 2014; SOUZA, 2012). Algumas pesquisas se fundamentaram, teoricamente, na semiótica de Peirce, mas não utilizaram este referencial como ferramenta de análise (KLEIN, 2011; WALDRIP; PRAIN; CAROLAN, 2010). Por fim, alguns trabalhos fizeram uma simplificação ou apropriação inadequada dos conceitos peircianos, lançando dúvidas sobre a utilização deste referencial na fundamentação de suas pesquisas (OLIVEIRA *et al.*, 2014; WALDRIP; PRAIN; CAROLAN, 2010).

Nesta tese, trazemos a semiótica de Peirce para o debate sobre representações no ensino de Ciências de forma a explorar com mais rigor e maior amplitude as ideias deste teórico na construção de uma ferramenta de análise das translações entre representações.

---

## CAPÍTULO 3. OBJETIVO

As pesquisas sobre representações no Ensino de Ciências têm aumentado nos últimos anos. Como discutimos na revisão da literatura, os trabalhos que discutem as MR apontam, principalmente, para as dificuldades de translações por parte de estudantes e as potencialidades das conexões dinâmicas. Por outro lado, ainda que as dificuldades que os estudantes têm de transladar entre representações sejam apontadas, não se discute quais são especificamente essas dificuldades. Acreditamos que podemos contribuir para a discussão desta questão ao abordar as questões semióticas presentes nos processos de integração entre MR.

A revisão da literatura apontou que a maior parte dos trabalhos sobre semiótica aborda os diferentes modos semióticos como forma de expressar as diferentes linguagens utilizadas na comunicação como a fala, o gesto, o desenho etc. Destaca-se uma grande produção nesta área, que tem trazido relevantes contribuições para a pesquisa em Ensino de Ciências. No entanto, outro ramo da semiótica, o estudo dos signos e das relações sógnicas, tem sido pouco explorado. Em outras palavras, estudos na área apontam para a combinação de diferentes modos semióticos, mas, do ponto de vista das relações sógnicas, não se analisa como estas combinações são feitas. Sendo assim, neste trabalho questionamos:

- Como a combinação de diferentes signos na construção do conhecimento pode ser analisada a partir do referencial peirciano?

Para tanto, objetivamos, especificamente:

- criar uma ferramenta, a partir do referencial semiótico, para servir de referencial teórico e metodológico na análise do processo de integração entre MR.

De maneira geral, objetivamos contribuir para a discussão sobre as relações entre diferentes signos. Como discutido no próximo capítulo, podemos fazer uma extrapolação de alguns resultados obtidos para as relações entre representações para relações entre signos. Por este motivo, o objetivo específico destaca as relações entre representações e a questão central de pesquisa as relações entre signos. Assim, restringimos nossa análise inicial à integração entre diferentes representações.

Discutir estes pontos pode ajudar a entender como o professor em formação pode construir conhecimento científico através de um dos processos mais utilizados em Ciências e no Ensino de Ciências: a translação entre formas de representação.

Klein e Laburú (2012, p. 150) afirmam que

“compreender as dificuldades dos estudantes em interpretar diferentes representações e o que acontece quando não notam as similaridades entre elas, ou se tornam incapazes de coordená-las ou integrá-las, é um caminho ainda aberto à pesquisa.”

A ferramenta proposta neste trabalho foca exatamente as “similaridades entre as diferentes representações”. Em outras palavras, pretendemos contribuir com o debate sobre as dificuldades encontradas na “coordenação ou integração” das diferentes representações.

---

## CAPÍTULO 4. FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA: A SEMIÓTICA DE CHARLES SANDERS PEIRCE

Charles Sanders Peirce (1839-1914) nasceu e cresceu numa família cujo pai, Benjamin Peirce, foi um importante astrônomo e matemático de seu tempo, sendo, inclusive, professor em Harvard por muitos anos (KINOUCHE, 2008). Desta forma, desde novo Peirce conviveu com um mundo acadêmico que teve grande influência em sua vida (SANTAELLA, 1983). Sua obra é extensa e variada (são mais de 100 mil páginas de manuscritos e cerca de 80 mil ainda não publicadas) com trabalhos em matemática, filosofia, astronomia, química, linguística, física, psicologia, história e lógica (SANTAELLA, 2002). No entanto, o tema central da obra de Peirce foi a Lógica, especificamente a Lógica da Ciência.

Em seu estudo da Lógica, a categorização cumpriu um papel fundamental. A lógica do pensamento e da natureza pode ser, segundo Peirce, categorizada. Isto é, tudo que pode ser pensado pode ser colocado em categorias universais. Uma categorização implica em dizer que (i) a lista de categorias deve ser capaz de dar conta de todos os elementos que ela pretende categorizar (no caso das categorias do pensamento de Peirce, tudo que vai à mente); (ii) os elementos são irreduzíveis, ou seja, são tão diferentes uns dos outros que um mesmo elemento não pode ser colocado em mais de uma categoria; (iii) os elementos, embora muito diferentes, são combináveis; e (iv) é possível checar as propriedades das categorias e dos elementos em um “mundo dos fatos” (QUEIROZ, 2004).

Peirce concluiu que existem três categorias de pensamento e da natureza, que estariam presentes em qualquer fenômeno (por exemplo, em sonhos, sensações, percepções, ideias abstratas etc.). Estas categorias ganharam, inicialmente, nomes de acordo com suas propriedades: Qualidade; Relação (posteriormente substituído por Reação); e Representação (posteriormente substituído por Mediação). Finalmente Peirce optou por denominar suas categorias como *Primeiridade*, *Secundidade* e *Terceiridade*, “por serem palavras inteiramente novas, livres de falsas associações a quaisquer termos já existentes” (SANTAELLA, 1983, p. 7).

Esta categorização é tão marcante na obra de Peirce que não podemos falar dos signos de Peirce sem antes falar das três categorias. Assim, iniciamos este capítulo com um breve relato sobre Primeiridade, Secundidade e Terceiridade, a fim de entender a lógica de Peirce, que também se

---

aplica aos signos. Em seguida, detalhamos o signo e cada uma das partes que o compõe. No final do capítulo, como uma síntese das ideias de Peirce sobre o signo, discutimos as dez classes de signos propostas por ele.

#### 4.1 PRIMEIRIDADE, SECUNDIDADE E TERCEIRIDADE

Segundo Peirce (CP1.23<sup>1</sup>), “as três categorias são (i) a essência de uma possibilidade qualitativa positivamente tal como ela é; (ii) a essência de um fato real; e (iii) a essência de uma lei que governa os fatos no futuro”.

A Primeiridade é a qualidade em si de qualquer coisa. Tudo o que existe se faz perceptível pelas suas qualidades, embora as qualidades não dependam das coisas para existir. Nas palavras do próprio Peirce (CP1.304), “a qualidade perceptível pode ser imaginada por si só sem nenhuma ocorrência. O seu potencial de ocorrência se dá sem uma efetiva realização em qualquer coisa”. Por exemplo, é possível imaginar qualidades de sensações sem que essas estejam incorporadas em nada, como sensações de cor (uma vermelhidão) e de sabor (salgado).

A Secundidade é a categoria que se refere ao real, às reações que temos frente à realidade que não envolvem qualquer forma de interpretação (SANTAELLA, 1983; SOUZA, 2012). A realidade é “bruta”, isto é, ela impõe a relação de ação e reação entre um primeiro e seu segundo sem a mediação de um terceiro. Em outras palavras, “Secundidade é o modo de ser daquilo que é tal como é, com respeito a um segundo, mas independente de qualquer terceiro” (CP8.328).

A Terceiridade, “que aproxima um primeiro e um segundo numa síntese intelectual, corresponde à camada de inteligibilidade, ou pensamento em signos, através da qual representamos e interpretamos o mundo” (SANTAELLA, 1983, p. 11). Segundo Peirce, “em toda a ação governada pela razão será encontrada uma triplicidade” (PEIRCE, 2005, p. 26).

---

<sup>1</sup> A citação pelo padrão ABNT seria (PEIRCE, 1931-1935, 1958). No entanto, a comunidade de pesquisadores da obra de Peirce construiu coletivamente uma forma de citar exclusivamente os trabalhos do autor. Neste caso, CP se refere à obra *The Collected Papers of Charles Sanders Peirce* e os números que se seguem correspondem ao volume e parágrafo, respectivamente. Assim, a citação do texto se refere ao volume 1, parágrafo 23 do livro citado. Neste trabalho, as citações às obras de Peirce seguem o modelo acordado por essa comunidade de pesquisadores.

---

Desta forma, a Terceiridade engloba a Primeiridade e Secundidade como partes fundamentais do pensamento.

A ordem das categorias é uma hierarquia do ponto de vista relacional, ou seja, a Primeiridade é uma relação monádica, a Secundidade é diádica e a Terceiridade é triádica. Além disso, uma Primeiridade não pode, por definição, anteceder uma Secundidade na relação entre elas. Isto porque uma relação monádica não pode dar origem a uma relação diádica, embora o contrário seja possível. Esta hierarquia deve ser replicada nas múltiplas relações entre Primeiridade, Secundidade e Terceiridade. Essa relação de hierarquia é importante para entender as classes de signos que serão apresentadas ao final do capítulo. Neste momento, cabe ressaltar que Primeiridade, Secundidade e Terceiridade são categorias do pensamento e da natureza que marcaram a obra de Peirce estando presente em diversas passagens. Na semiótica, ciência dos signos, não seria diferente e a própria definição de signo está permeada por esta concepção. Em outras palavras, “embora as três categorias de Peirce cumpram um papel importante em cada aspecto do seu pensamento, elas são absolutamente vitais na sua semiótica” (SAVAN, 1976, p. 10).

## 4.2 A TRÍADE SÍGNICA

Para Peirce, tudo é um signo, isto é, tudo que de alguma maneira se apresenta na mente de um indivíduo (ser humano ou não) e é interpretado por ele é um signo. Assim, não apenas as imagens, figuras, palavras, mas também o ato de correr, um grito, um olhar, códigos binários, uma teoria científica, a percepção da ausência de algo também são signos na perspectiva peirciana.

Segundo Peirce (apud QUEIROZ, 2004, p. 32) “tudo o que sabemos, sabemos apenas por suas relações, e tudo que podemos saber são relações”. Os signos são, por excelência, relações triádicas que envolvem: o fundamento do signo (S), o objeto (O) (que pode ser um objeto, um evento, um conceito) e o interpretante (I) (aquele que é capaz de mediar a relação entre S e O e entre o próprio I com o S e o O) – isto é, um signo (1) é aquilo que representa algo (2) para alguém (3). É necessário, neste momento, apresentarmos de forma mais detalhada o que Peirce chama de signo. Segundo Johansen (1993, apud QUEIROZ, 2004) Peirce utilizou a palavra signo com dois sentidos: um amplo, para designar a relação triádica, e outro restrito, para designar o fundamento do signo ou *representamen*. Por exemplo, em CP1.541 Peirce define

*representamen* como “o sujeito da relação triádica com um segundo, chamado seu objeto, e para um terceiro, chamado seu interpretante, (...)”. Também, em CP2.242 o *representamen* é visto como parte do signo, “o *representamen* é o primeiro correlato da relação triádica, o segundo correlato é denominado seu objeto é o possível terceiro correlato é denominado seu interpretante, (...)”. Posto desta forma, o signo é entendido como sendo a relação triádica composta pelo *representamen*, objeto e interpretante. Por outro lado, em CP2.228 Peirce afirma que

“um signo, ou *representamen*, é alguma coisa que está para alguém por algo em algum aspecto. Ele se dirige a alguém, isto é, cria na mente de uma pessoa um signo equivalente, ou talvez um signo mais desenvolvido. Este signo que é criado eu chamo de interpretante do primeiro signo. O signo representa alguma coisa, seu objeto. Ele representa o objeto não em todos os aspectos, mas em referência a um conjunto de ideias que algumas vezes eu chamei de fundamento do *representamen*.”

Nessa última passagem Peirce sugere que signo e *representamen* são sinônimos, ao passo que em CP1.541 e CP2.242 o *representamen* é uma parte da tríade que corresponde ao que ele chamou de fundamento do signo em CP2.228. Diante desta mistura de termos, para facilitar a compreensão deste trabalho, chamamos de signo a relação triádica entre S-O-I e de *representamen* o fundamento do signo, isto é, um dos elementos da tríade *signica*.

Peirce analisou cada uma das vertentes da tríade *signica*, isto é, realizou uma análise que ele chamou de tricotomia do signo. O fundamento do signo ou *representamen* (qualissigno, sinsigno e legissigno), o signo em sua relação com o objeto (ícone, índice e símbolo) e o signo em sua relação com o interpretante (rema, dicente e argumento). Farias (2002) apresenta, de outra forma, as tricotomias discutidas por Peirce, em um conjunto de perguntas e respostas:

- (i) O que é o signo em si mesmo?
    1. Uma mera qualidade, um quali-signo
    2. Um existente atual, um sin-signo
    3. Uma lei geral, um legi-signo
  - (ii) Como ele se relaciona com seu objeto?
    1. Relaciona-se em virtude de suas próprias características, é um ícone
    2. Relaciona-se de forma existencial, é um índice
    3. Relaciona-se através de convenções, é um símbolo
  - (iii) De que modo, através do interpretante, ele apresenta seu objeto para um possível intérprete?
    1. Como um signo de possibilidade, um rema
    2. Como um signo de fato, existente, um dicente
    3. Como um signo de lei, um argumento.
- (FARIAS, 2002, p. 33-34)

Da forma como está exposto, fica visível que Primeiridade, Secundidade e Terceiridade estão presentes tanto no que diz respeito à tríade quanto no que diz respeito à definição de cada vertente da tríade separadamente. Portanto, a análise das representações como signo requer um aprofundamento nas três tricotomias do signo. Nas palavras de Queiroz (2007),

A questão aqui é, que se estamos em condição de sermos capazes de examinar certas coisas como signos de outras, uma explicação deste fenômeno deve envolver três modos de relação pelo qual o signo, quanto à sua própria natureza (primeira tricotomia), relativamente ao seu objeto (segunda tricotomia), e como representa seu objeto para outro signo, que é seu interpretante (terceira tricotomia), se constitui. (QUEIROZ, 2007, p. 187)

Desta forma, apresentamos uma “desconstrução” do signo para entendermos como é cada parte dele e como se dá a relação entre as partes, para depois fazermos a sua “reconstrução”.

#### 4.2.1 *Fundamento do Signo ou Representamen (Primeira Tricotomia)*

O *representamen* é a Primeiridade do signo. Sendo assim, ele é monádico e não pode ser considerado um signo, mas um potencial de signo, isto é, ele tem possibilidade de se tornar signo. O *representamen* tem, também, a sua tricotomia, ou seja, dentro do *representamen* há a Primeiridade, a Secundidade e a Terceiridade. A Primeiridade do *representamen* (qualissigno) é uma qualidade não corporificada, ou seja, aquilo que é pelo que é sem referência a algo que seja um segundo da relação. As sensações são bons exemplos de qualissignos como a sensação de vermelhidão, de um sabor doce, de um som estridente e constante etc. No entanto, estas sensações só são qualissignos na medida em que são abstraídos de qualquer ocorrência.

A Secundidade do *representamen* (sinsigno), diz respeito a um signo que existe de fato, ainda sem relação com um segundo. O sinsigno envolve um ou mais qualissignos que foram corporificados em algum signo. Por exemplo, um grito envolve o qualissigno sonoro, mas extrapola a qualidade do som, pois há a identificação com algo que gerou o som, ou seja, não é o som puro sem fonte. O que se pretende deixar claro com esta associação entre qualissigno e sinsigno é que o sinsigno é um signo de existência, e indica tão somente a existência em si. O sinsigno não traz nenhuma informação sobre a qualidade, isto é próprio de qualissignos. Desta forma, sinsignos englobam qualissignos.

---

A Terceiridade do *representamen* (legissigno) é uma lei que atua como signo. Normalmente estas leis são convenções. Assim, signos como os que representam os gêneros feminino e masculino (♀ e ♂, respectivamente) são legissignos. É bom destacar que a análise que se faz neste momento é sobre o *representamen*, e não como cada um destes signos se conecta ao objeto que ele representa, ou seja, no exemplo deve-se observar os *representamens* sem referência aos gêneros. Esta conexão entre o *representamen* e o objeto é analisada na segunda tricotomia do signo.

#### 4.2.2 Relação S-O (Segunda Tricotomia)

Antes de entrar nos meandros da relação S-O, é preciso destacar o que é Objeto para Peirce e a distinção que ele faz entre dois tipos de Objetos: Imediato e Dinâmico. A definição de Objeto é contextualmente dependente. Ou seja, Objeto é qualquer coisa à qual o Signo faça menção dentro de um contexto. Há um exemplo que o próprio Peirce nos deixou para clarear essa dependência contextual. Imagine um homem lendo um jornal diante de uma janela aberta em que é possível ter uma ampla vista da cidade. Em determinado momento este homem diz: ‘que incêndio horroroso!’. O ouvinte a quem este homem se dirige pode ter dupla interpretação da fala, pois o incêndio pode ser uma notícia veiculada no jornal ou um fato que ele observa pela janela. Assim, o contexto é que vai definir qual é o Objeto do signo “que incêndio horroroso!”.

A separação entre Objeto Imediato e Dinâmico se faz necessária para entender a lógica de Peirce. Para ele, existe a realidade, mas nós não temos acesso a ela. A realidade, assim como a verdade (a questão da verdade é abordada na discussão sobre o Interpretante), são objetivos ideais inatingíveis (SANTAELLA, 2012). O signo se constitui de um Objeto Imediato que é formado pelas características possíveis que aquele signo é capaz de representar. O Objeto Dinâmico se refere à realidade e se conecta ao signo através do Objeto Imediato.

Só podemos conhecer um Objeto real se houver alguma forma de interação, alguma relação com o próprio Objeto. A realidade pode existir sem relação com um signo, mas ela não pode ser cognoscível sem qualquer forma de relação. A partir do instante em que se cria uma relação entre Signo e Objeto, este signo não é capaz de representar o Objeto em sua totalidade, caso contrário seria o próprio. O Signo faz, por excelência, um recorte de características do Objeto a ser representado. O Objeto Imediato é esta parte do Objeto que o signo é capaz de representar

(e que está dentro do próprio signo), ou seja, o Objeto com as características recortados do Objeto real. Nas palavras do autor:

Resta observar que normalmente há dois tipos de Objetos [...]. Isto é, temos de distinguir o Objeto Imediato, que é o Objeto tal como o próprio Signo o representa, e cujo Ser depende assim de sua representação no Signo, e o Objeto Dinâmico, que é a Realidade que, de alguma forma, realiza a atribuição do Signo à sua Representação. (CP4.536)

A partir de diversas citações de Peirce em várias obras, Santaella (2012) sintetiza a concepção do autor de que o Objeto Imediato: (i) está dentro do próprio signo; (ii) é uma sugestão ou alusão que indica o Objeto Dinâmico; (iii) é o Objeto tal como está representado no próprio Signo, ou tal como o Signo o apresenta; e (iv) é o Objeto tal como o Signo permite que o conheçamos.

Assim, a relação S-O na relação S-O-I se dá entre o Signo e o Objeto Dinâmico e é restrita às especificidades que definem um Objeto Imediato, em especial, não ser capaz de representar o Objeto real em sua totalidade. Para que a leitura do texto possa fluir mais naturalmente chamamos o Objeto Dinâmico de Objeto e, a partir deste ponto, analisamos como se dá a relação S-O.

Essa relação S-O é reconhecida por Peirce (2005, p. 46) como importante para a Ciência:

O segundo ramo (relação S-O) é o da lógica propriamente dita. É a ciência do que é quase necessariamente verdadeiro em relação aos representamens de toda inteligência científica a fim de que possam aplicar-se a qualquer objeto, isto é, a fim de que possam ser verdadeiros. Em outras palavras, a lógica propriamente dita é a ciência formal das condições de verdade das representações.

De outra forma, “a mais importante divisão dos signos faz-se em ícones, índices e símbolos” (PEIRCE, 2005, p. 64) e é justamente essa divisão que estuda a relação S-O.

Um signo se conecta ao objeto que ele representa por três formas distintas (MARTINS; QUEIROZ, 2010; PEIRCE, 1931-1935, 1958, 2005; SANTAELLA, 2002, 2012; SAVAN, 1976; SERRA, [s.d.]):

- ✓ *icônica*, quando qualidades perceptíveis do Signo sugerem o Objeto pelas similaridades com este, sendo que a similaridade é definida pela aparência ou pela

semelhança das propriedades entre o Objeto e o Signo. Por exemplo, no primeiro caso, uma camisa azul celestial lembra a cor azul do céu pela sua aparência e, no segundo, uma equação da cinemática (como a função horária da posição) guarda semelhança das proporções explicitadas na expressão algébrica com o movimento analisado. Deve-se realçar que a característica icônica deve ser entendida como uma similaridade pura, isto é, sem ocorrência em nenhum caso;

- ✓ *indexical*, quando características do Signo remetem a Objetos com características singulares e existentes. Além disso, o índice é um tipo de Signo que é afetado pelo próprio Objeto. Por exemplo, um furo de bala em uma parede indica a existência de um tiro. Ou seja, a referência indexical faz menção a um Objeto específico, num local específico e, por vezes, num tempo específico. Em outras palavras, um Signo atua como um índice quando indica uma relação real e/ou existente com o Objeto que ele se conecta. No entanto, um índice apenas aponta para a existência de um Objeto. Logo, as qualidades e características deste Objeto devem ser significadas por relações icônicas. O índice está na categoria de Secundidade, isto é, sua relação é diádica. Isto fica claro quando percebemos que um “índice é um Signo que perderia o caráter que faz dele um Signo se seu objeto fosse removido, mas manteria este caráter se não houvesse interpretante” (CP2.304 apud QUEIROZ, 2004);
- ✓ *simbólica*, quando o Signo só faz menção ao objeto por uma convenção. Retomando o exemplo utilizado para explicar os legissignos, a ligação do signo ♀ com o gênero feminino é uma relação simbólica, assim como a conexão entre ♂ e o gênero masculino. Desta forma, os signos ♀ e ♂ podem ser classificados como legissignos simbólicos (as classes de signos serão detalhadas ao final do capítulo). Os símbolos são essencialmente arbitrários e convencionados.

### 4.2.3 Relação S-I (Terceira Tricotomia)

Da mesma forma como fizemos na seção anterior, precisamos discutir o Interpretante antes de falar da relação S-I. Sobre o Interpretante, Savan (1976, p. 36) afirma que “qualquer signo é um interpretante se (1) ele exemplifica um hábito geral (ou regra) de transformação de um signo antecedente em um conseqüente, e (2) significa o objeto através do signo antecedente deste objeto”.

---

A divisão dos interpretantes é um dos pontos de maiores controvérsias entre os investigadores e intérpretes de Peirce. Apresentamos uma das visões que tem sido mais aceitas pela comunidade e com cujas asserções nós concordamos<sup>2</sup>.

Segundo Santaella (2012), um dos princípios de divisão do Interpretante corresponde à sua divisão triádica em: Imediato (Primeiridade), Dinâmico (Secundidade) e o Final (Terceiridade). Vale destacar que “esta divisão não corresponde, de modo algum, a três interpretantes, vistos como coisas separadas, mas, ao contrário, são graus ou níveis do Interpretante, ou melhor, diferentes aspectos ou estágios na geração do Interpretante” (SANTAELLA, 2012, p. 67).

Os Interpretantes Imediato e Final devem ser entendidos como abstratos e, no entanto, logicamente pensáveis. Algumas definições de Interpretante Imediato pelo próprio Peirce são:

(i) ‘o Interpretante representado ou significado no Signo’ (CP8.343); (ii) ‘o Interpretante como ele se revela no entendimento correto do Signo ele mesmo, e é comumente chamado de significado do Signo’ (CP4.536); (iii) ‘o Interpretante Imediato consiste na qualidade da impressão que um Signo está apto a produzir, não diz respeito a qualquer reação de fato’ (CP8.315).’ (SANTAELLA, 2012, p. 71)

Assim, o Interpretante Imediato pode ser entendido como sendo parte do próprio Signo, mas apenas como potencialidade de ser interpretável. Ou seja, todo o sentido que um Signo pode potencialmente gerar. Assim, o Interpretante Imediato está na categoria da Primeiridade, pois não há relação com um segundo.

Mais uma vez, consideramos as palavras de Peirce para extrair as concepções sobre o Interpretante Final:

(i) ‘meu Interpretante Final é o efeito que o Signo produziria sobre uma mente em circunstâncias que deveriam permitir que ele extrojetasse seu efeito pleno’ (SS, p. 110)<sup>3</sup>; (ii) ‘meu Interpretante Final é o resultado interpretativo ao qual todo intérprete está destinado a chegar se o Signo for suficientemente

---

<sup>2</sup> Para uma visão das diferentes vertentes sobre o interpretante de Peirce ver Santaella (2012) ou Savan (1976).

<sup>3</sup> A citação SS se refere a cartas escritas para Lady Welby e são assim referenciadas pela comunidade de estudiosos de Peirce.

---

considerado [...] O Interpretante Final é aquilo para o qual o real tende (SS, p. 111).’ (SANTAELLA, 2012, p. 73-74).

O Interpretante Final é destino para o qual todo Signo tende a se desenvolver, desde que haja condições ideais para isso. No entanto, Peirce não admite a possibilidade de se chegar a este Interpretante Final, ou seja, esta condição pode ser logicamente pensada, mas é inatingível. O Interpretante Final está intimamente ligado à concepção de verdade de Peirce.

Como Peirce era um estudioso sobre a Ciência, sua concepção de verdade é definida pela verdade científica e ele admite que cada Ciência tem a sua verdade. Ou seja, há um componente cultural na concepção de verdade. Porém, há um acordo entre todas as Ciências, isto é, elas concordam que deveria haver uma busca por um “consenso”. Quanto mais consensual for uma afirmativa, mais ela se aproximaria da verdade. No entanto, toda afirmação científica é passível de crítica, o que resulta em não ser possível falar em verdade absoluta. Toda verdade é um acordo de crenças, portanto definido dentro de um contexto sócio-histórico-cultural. A busca pela verdade é, assim, a busca pelo horizonte localizado no tempo e no espaço<sup>4</sup>.

Desta forma, “a opinião destinada a ser consenso final é aquilo que queremos dizer pela palavra verdade; e o objeto representado nessa opinião é o real. Esta é a maneira pela qual eu explicaria a realidade” (PEIRCE, 2008). Assim, temos que os dois extremos infinitos da cadeia de signos, o Objeto Dinâmico e o Interpretante Final se complementam para definir realidade e verdade para Peirce. Ou seja, no limite ideal, a verdade corresponderia exatamente à realidade; ou, em outras palavras, o Interpretante Final seria perfeitamente equivalente ao Objeto Dinâmico.

Por fim, o Interpretante Dinâmico é o único que de fato acontece, ou seja, é um Interpretante concreto (em oposição à abstração dos Interpretantes Imediato e Final). Para Peirce, o Interpretante Dinâmico tem as seguintes características:

(i) ‘efeito realmente produzido na mente pelo Signo’ (CP8.343); (ii) ‘consiste no efeito direto realmente produzido por um Signo sobre um número de mentes individuais reais através de ação independente sobre cada uma delas’ (SS, p. 110); (iii) ‘meu Interpretante Dinâmico é aquilo que é experienciado em cada ato de interpretação e em cada um é diferente daquele de qualquer

---

<sup>4</sup> Uma discussão aprofundada sobre o conceito de verdade para Peirce pode ser encontrada em Panesa (1996).

outro. [...] O Interpretante Dinâmico é um evento real, singular.’  
(SANTAELLA, 2012, p. 72-73)

Portanto, o Interpretante Dinâmico é o Signo de fato criado na tríade sýgnica. Em síntese,

[Interpretantes] Imediato e Final são gerais e abstratos. O Imediato é pura potencialidade, interpretabilidade ainda não realizada. Não obstante, inscrita na natureza do próprio signo. Trata-se do teor daquilo que o signo é capaz de significar. O Final seria o limite último (se isso fosse possível) de realização dessa interpretabilidade. O dinâmico é interpretante produzido, concretização singular e particular, atualizações mais ou menos adequadas da interpretabilidade do signo rumo ao limite abstrato e ideal para o qual – mais cedo ou mais tarde, por erros e acertos e por caminhos que não se pode de antemão estipular – os interpretantes dinâmicos tendem. (SANTAELLA, 2012, p. 76)

Peirce ainda propõe uma segunda tricotomia do Interpretante. Sucintamente, estas subdivisões do Interpretante são:

- ✓ Emocional – sentimento/percepção (qualidade) provocado pelo signo (Primeiridade).
- ✓ Energético – reação (mental ou física) provocada pelo signo (Secundidade).
- ✓ Lógico – regra geral, hábito de ação que pode ser traduzido em palavras (Terceiridade).

É tentador fazer um paralelo entre essa segunda tricotomia e o processo de aprendizagem ou, em outras palavras, apontar que há certa iconicidade entre esta tricotomia do Interpretante e o processo de aprendizagem. Inicialmente os constructos científicos seriam percebidos e os Interpretantes criados teriam características que destacam qualidades representadas nos signos. Tais qualidades seriam corporificadas em situações exemplares, singulares e os Interpretantes criados reagiriam à ação dos signos. Por fim, à medida que várias situações singulares se repetiriam, a aprendizagem levaria ao desenvolvimento de um Interpretante que guardaria características de regra geral e, conseqüentemente, deixaria a mente do indivíduo em um estado de prontidão para ação, em outras palavras, hábito de ação. De forma parecida, Souza (2012) sugere que a construção do conhecimento científico, em especial o químico, segue a seqüência desta subdivisão do Interpretante em Emocional, Energético e Lógico. Mesmo que o paralelo entre essa subdivisão e a construção do conhecimento sugira processos semelhantes, este é um campo aberto à pesquisa.

A junção das duas tricotomias tem algumas discordâncias na área. Alguns reconhecem os interpretantes emocional, energético e lógico (a segunda tricotomia) como sendo subdivisões

---

de cada um dos interpretantes da primeira tricotomia (imediatos, dinâmico e final). Outros apontam que a subdivisão se daria apenas no Interpretante Dinâmico. Como este trabalho não é uma análise dos escritos de Peirce, mas sim busca aplicar suas teorias no contexto da integração entre MR, não pretendemos entrar nesta discussão<sup>5</sup>. Os Interpretantes Imediato e Final são abstrações não realizáveis, portanto não podemos pensar na construção do conhecimento a partir desses interpretantes. Assim, vamos considerar que a segunda tricotomia é uma subdivisão do Interpretante Dinâmico de tal forma que o Interpretante teria os seguintes níveis/graus:

1. Imediato

2. Dinâmico

- 2.1 Emocional

- 2.2 Energético

- 2.3 Lógico

3. Final.

Ao acrescentar a segunda tricotomia ganhamos detalhamento e, em especial, um norte que deve orientar o ensino de constructos científicos. Ou seja, esperamos que os estudantes desenvolvam Interpretantes Dinâmicos no nível Lógico que os capacite a interagir com diversos outros signos de forma a criar um hábito de ação. Em outras palavras, “o último Interpretante Lógico é uma mudança de hábito ou novo estado de prontidão para a ação e para a ação do pensamento” (SANTAELLA, 2012, p. 85).

Neste trabalho, consideramos a relação entre Signo e Interpretante como sendo uma relação entre o Signo e o Interpretante Dinâmico, uma vez que este é “o efeito realmente produzido na mente pelo signo” (SANTAELLA, 2012, p. 72). Da mesma forma como fizemos com o Objeto,

---

<sup>5</sup> Para mais detalhes, ver Santella (2012) ou Savan (1976).

---

para facilitar a fluidez do texto vamos simplificar a nomenclatura do Interpretante Dinâmico identificando-o apenas como Interpretante. Assim, ao fazermos referência, a partir deste ponto, à relação entre Signo e Interpretante estamos indicando a relação entre o Signo e o Interpretante Dinâmico. Passamos, então, à análise da relação S-I.

Assim como toda base do pensamento peirciano, a relação S-I é pensada a partir das categorias de Primeiridade, Secundidade e Terceiridade. Na Primeiridade a relação entre S-I, chamada de rema, é tida como potencialidade, qualidade. Isto é, a capacidade interpretativa que o signo gera no seu Interpretante é apenas uma alusão a alguma qualidade que pode, ou não, ser verdadeira. Uma característica do rema é a impossibilidade de verificar a sua veracidade ou falsidade. Ou seja, sendo um Interpretante de Possibilidade, o rema não pode ser confrontado com um outro, pois aí teríamos uma característica de Secundidade. O rema é interpretado como representando uma qualidade que pode vir a ser incorporada em um possível objeto. Alguns exemplos de proposições remáticas são: \_\_\_\_ é preto, \_\_\_\_\_ é um cavalo. Ou seja, a proposição “\_\_\_\_ é preto” se refere a uma interpretação de qualidade sem nenhuma referencialidade. A princípio, qualquer coisa pode ser preta, portanto qualquer objeto pode corporificar tal qualidade e não se pode verificar a veracidade da proposição.

A relação S-I de Secundidade, chamada de dicente, estabelece uma relação de existência concreta entre o Interpretante e o Signo, ou seja, há alguma informação sobre um existente. Neste caso, é possível verificar se o dicente (o Interpretante que se conecta existencialmente com o signo) é verdadeiro ou falso, dado que há a relação de existência, ao contrário do rema que é mera possibilidade.

A Terceiridade na relação S-I, chamada de argumento, é um signo que é interpretado como sendo de lei, regra geral ou princípio guia. O argumento é percebido pelas réplicas (casos de aplicação) da lei em situações existentes. Isso cria a necessidade de envolver dicentes nos argumentos. Mas estes dicentes não são vistos como signos que significam diretamente o objeto, mas signos que exemplificam uma lei. “É esta lei que, de alguma forma, o argumento sublinha, e este ‘sublinhar’ é o modo próprio de representação dos argumentos” (PEIRCE, 2005, p. 54).

### 4.3 RECONSTRUINDO O SIGNO

Uma vez analisadas as partes que compõem o todo, voltemos à união entre elas:

Um signo, ou representamen, é aquilo que, sob certo aspecto ou modo, representa algo para alguém. Dirige-se a alguém, isto é, cria, na mente dessa pessoa, um signo equivalente, ou talvez, um signo mais desenvolvido. Ao signo assim criado denomino interpretante do primeiro signo. 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 (PEIRCE, 2005, p. 46).

Uma relação triádica, como o Signo, pode ser representada de diferentes formas, sendo a mais comum um triângulo. No entanto, o triângulo presume a existência de três pares de relações diádicas entre os vértices deste triângulo. Uma representação deste tipo não seria adequada para dar ênfase à perspectiva triádica do signo peirciano. Peirce não deixou um modo de representar um signo, mas os comentadores de Peirce acordam que, de uma maneira geral, o tripé<sup>6</sup> (figura 4.1) é uma das melhores maneiras de se representar um signo<sup>7</sup>.

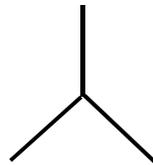


Figura 4.1 – Tripé representando um signo

Cada traço do tripé representa cada um dos elementos da tricotomia do signo: o *representamen*, o objeto e o interpretante. Como cada um deles tem natureza sígnica, todos os três podem ocupar qualquer posição nos traços do tripé. O ponto central desta representação é o destaque dado à irreduzibilidade da relação triádica. Segundo Peirce, se um Objeto estivesse diadicamente relacionado com o Signo e o Signo diadicamente relacionado com o Interpretante, a relação entre Objeto e Interpretante seria meramente casual e poderia, acidentalmente, o Interpretante ter o mesmo Objeto que o Signo (SAVAN, 1976). Assim, a relação triádica conectando *representamen*, Objeto e Interpretante (e não múltiplas relações diádicas) é necessária para

<sup>6</sup> A literatura internacional chama a figura de *tripod* e na literatura nacional também encontramos, em alguns trabalhos, o termo *tripod*, sem ser traduzido. Optamos, no entanto, por traduzir o termo para o português.

<sup>7</sup> Para uma revisão histórica das várias formas de representar um signo peirciano, ver Queiroz (2004).

---

assegurar que o Objeto com o qual o Interpretante se conecta é também o Objeto do Signo que o Interpretante interpreta.

#### 4.3.1 *As classes de signos*

As classes de signos são as possíveis combinações que podem existir entre as tricotomias do *representamen*, da relação S-O e da relação S-I. Vale ressaltar que em cada uma das tricotomias do signo pode haver mais de uma característica ao mesmo tempo e isto pode variar com o contexto. Por exemplo, na segunda tricotomia, os Signos podem ser indexicais, icônicos ou simbólicos dependendo da sua natureza e do seu contexto de utilização. Portanto, eles precisam ser analisados em cada situação. Além disso, um signo pode ter, e normalmente tem, mais de uma relação com o seu objeto, isto é, ele pode ser icônico, indexical, e/ou simbólico ao mesmo tempo. Porém, é possível estabelecer uma relação de predominância entre as características signícas para definir a relação S-O (QUEIROZ, 2004; SANTAELLA, 2012; SOUZA, 2012). Então, ao definir que um signo é icônico, indexical ou simbólico estamos fazendo uma alusão à predominância daquela característica dentro do contexto e não sendo deterministas. Esta mesma variedade de situações e predominância pode ser percebida também tanto no *representamen* quanto na relação S-I.

A partir das três tricotomias do Signo (tricotomia do *representamen*, da relação S-O e da relação S-I) Peirce sugeriu, inicialmente, dez classes de signos. Retomando a ideia das categorias universais de Peirce, Savan (1976) chama de regra de qualificação as possíveis formas pelas quais essas categorias universais podem se combinar:

Um primeiro pode ser qualificado somente como um primeiro; um segundo pode ser qualificado como um primeiro e um segundo; e um terceiro pode ser qualificado como um primeiro, um segundo e um terceiro. Cada categoria pode, então, ser identificada por um número de acordo com a regra da qualificação. Um primeiro pode ser qualificado somente por um primeiro, e deve ser identificado como – 11 [o primeiro número se refere ao *representamen* e o segundo à relação S-O. Isto se repete nos próximos exemplos]. Um segundo pode ser qualificado por um primeiro – 21, ou por um segundo – 22. Um terceiro pode ser qualificado por um primeiro – 31, por um segundo – 32, ou por um terceiro – 33. (SAVAN, 1976, p. 9)

Esta regra da qualificação garante que, por exemplo, um qualissigno, que é um *representamen* de pura qualidade, não pode se relacionar com um objeto de maneira indexical, ou seja, como sendo de existência de fato. Isto é, se o fundamento do signo é de Primeiridade, sua relação

com o Objeto e/ou Interpretante só pode ser de Primeiridade. Por outro lado, se o fundamento do signo é de Secundidade (sinsigno), ele pode se relacionar com o objeto por Primeiridade (ícone) ou por Secundidade (índice), mas não por Terceiridade (símbolo). Enfim, as categorias universais de Primeiridade, Secundidade e Terceiridade têm uma hierarquia que permite uma relação entre elas nas tricotomias do signo. Essa hierarquização, juntamente com as três tricotomias do signo, levou Peirce a indicar dez classes de signos.

Estas classes de signos são codificadas por números sugeridos pela regra da qualificação de Savan. Os números 1, 2 e 3 correspondem à Primeiridade, Secundidade e Terceiridade. A ordem em que os números aparecem na classificação do signo é: *representamen*, relação S-O e relação S-I. Ou seja, um signo é classificado com três números compostos pelos algarismos 1, 2 e 3 de tal forma que o antecedente é sempre maior ou igual ao seguinte. A seguir apresentamos as dez classes de signos, com alguns exemplos:

- ✓ Qualissigno (111) – É uma qualidade qualquer. E, sendo qualidade, só pode representar seu Objeto sendo um ícone; e só pode ser interpretado como sendo uma possibilidade, logo um rema. Exemplo: uma sensação de vermelho.
- ✓ Sinsigno icônico (211) – É um signo existente que se relaciona com o objeto por semelhança, de atributos ou propriedades. Como a relação S-O é do tipo de possibilidade, ela deve ser interpretada como um rema. Exemplo: um diagrama individual.
- ✓ Sinsigno indexical remática (221) – É um signo de experiência direta que se conecta ao objeto que ele representa de forma existencial. No entanto, sua interpretação tem forte apelo de potencialidade, dando caráter remático ao interpretante. Exemplo: um grito espontâneo.
- ✓ Sinsigno indexical dicente (222) – É um signo de experiência direta que se conecta ao objeto que ele representa de forma existencial. Diferentemente de 221, ele é interpretado como sendo existente, um fato concreto. Dessa forma, a interpretação pode ser posta à prova quanto à sua veracidade, diferentemente dos Interpretantes remáticos. Exemplo: um cata-vento.
- ✓ Legissigno icônico (311) – É uma lei, ou regra geral, que é um signo, mas que se relaciona com seu objeto como uma possibilidade e assim é interpretado. Exemplo: um diagrama em geral, como um organograma hierárquico em branco. Isto é, há um

---

reconhecimento de legissigno, mas que não se conecta especificamente com nada e só pode ser um potencial de interpretação.

- ✓ Legissigno indexical remático (321) – É uma lei, ou regra geral, que é um signo, que se conecta ao objeto por relação de fato, mas é interpretado como possibilidade. Exemplo: um pronome demonstrativo.
- ✓ Legissigno indexical dicente (322) – É uma lei, ou regra geral, que é um signo, que está para seu objeto através de uma ocorrência. O Interpretante denota uma singularidade, destacando a relação de existência, entre ele e o Objeto. Exemplo: um slogan, ou propaganda, anunciando um produto a venda em um carro de som.
- ✓ Legissigno simbólico remático (331) – É um signo conectado ao objeto por lei ou regra geral. Assim, ele só pode ser um legissigno e cria na mente de quem interpreta uma imagem, que é a réplica deste signo. Esta imagem, “devido a certos hábitos ou disposições dessa mente, tende a produzir um conceito geral, e a réplica é interpretada como um Signo de um Objeto que é um caso desse conceito” (PEIRCE, 2005, p. 56). Exemplo: um substantivo comum.
- ✓ Legissigno simbólico dicente (332) – É um signo conectado ao objeto através de uma associação de ideias gerais. No entanto, “o interpretante representa o símbolo dicente como sendo (...) realmente afetado pelo seu objeto, de tal modo que a lei ou existência que ele traz à mente deve ser realmente ligada com o Objeto indicado” (PEIRCE, 2005, p. 57). Exemplo: uma proposição ordinária.
- ✓ Legissigno argumental simbólico (333) – É uma lei, ou regra geral, que é um signo que se conecta ao seu objeto pela mesma natureza. O interpretante também representa o objeto como sendo lei. Exemplo: um argumento.

A partir da concepção peirciana de signo e da classificação dos signos, estamos aptos a sugerir um instrumento de análise das MR no Ensino de Ciências. No próximo capítulo, apresentamos essa ferramenta, discutimos como ela foi construída e indicamos como pretendemos utilizá-la para analisar a integração entre diferentes representações.

## CAPÍTULO 5. CONSTRUINDO O INSTRUMENTO DE ANÁLISE

O processo de aprendizagem passa pelas relações entre diferentes signos e, de certa forma, passa pela ação do signo, isto é, a semiose. A semiose é o processo no qual os signos se transformam em outros signos, isto é, a continuidade do pensamento por meio das sequências signílicas. Quando se destaca que a semiose é a ação do signo, se evidencia que não se pode pensar na semiose como uma tríade isolada de uma cadeia de pensamento. Desta forma, é importante ter em mente que, embora possamos analisar um signo, sua ação se estende para outro signo e assim deve ser percebido. Essa ação contínua dos signos é uma das importantes afirmações de Peirce no artigo que é considerado, por muitos especialistas neste autor, como o mais importante de sua obra: *On a new list of categories* (PEIRCE, 1868). Segundo De Tienne (2003, p. 39):

Uma característica fundamental desta análise inicial sobre representação foi o reconhecimento de que nenhuma representação jamais poderia ocorrer em um vácuo, ou seja, que todas as representações sempre surgiriam dentro de um continuum, que não poderiam ser captadas a partir de sua definição.

O próprio Peirce deixou claro sua concepção de continuidade do signo.

Se um Signo é algo distinto do seu Objeto deve haver, no pensamento ou na expressão, alguma explicação, argumento ou outro contexto que mostre como, segundo que sistema ou por qual razão, o Signo representa o Objeto ou o conjunto de Objetos que representa. Ora, o Signo e a Explicação em conjunto formam um outro Signo, e dado que a explicação será um Signo, ela provavelmente irá exigir uma explicação adicional que, em conjunto com o já ampliado Signo, formará um Signo ainda mais amplo [...]; e, de acordo com esta explicação, cada uma dessas partes tem alguma outra parte como seu Objeto. (PEIRCE, 2005, p. 47)

Desta forma, o instrumento de análise sugerido neste trabalho foi pensado a partir do referencial teórico discutido no capítulo anterior e procurando destacar a semiose, ou seja, a ação do signo. Este instrumento foi construído a partir do tripé que foi utilizado para representar, de forma diagramática, o signo. O uso desse tripé se justifica pelo forte apelo à irredutibilidade da Terceiridade a múltiplas Secundidades, isto é, à ideia de que uma relação triádica não é redutível a múltiplas relações diádicas. Em outras palavras, “o terceiro elemento não é simplesmente a mistura de dois elementos ‘pais’, mas um resultado necessário que contém um elemento adicional não reduzível à junção deles” (DE TIENNE, 2003, p. 47).

---

No entanto, estamos propondo uma representação diagramática que extrapole a ideia de mostrar a relação triádica do signo, isto é, estamos pensando em um instrumento que nos permita analisar semioses em situações de mobilização de vários signos. Para demarcar esta distinção entre representação do signo como tripé e a ferramenta que estamos propondo como forma de analisar as relações entre signos nas semioses, decidimos denominar esta ferramenta de triplete. Optamos por triplete, pois sua definição é simples (um elemento constituído por três componentes) e, ao mesmo tempo, destaca de maneira direta a relação triádica do signo e da semiose. Além disso, a palavra tripé nos remete à ideia de um suporte, o que não condiz com nossa visão de signo. Isto é, o signo não é um suporte que permita a construção de algo sobre ele, mas é um elemento importante desta construção. Portanto, deste ponto em diante fazemos menção apenas a triplete, já referenciando a ferramenta no qual nos apoiamos na análise.

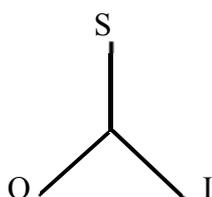
## 5.1 O TRIPLETO

A união entre diferentes tripletos indica como os signos se conectam num processo multirrepresentacional. Sugerimos algumas mudanças representacionais no tripé para transformá-lo no triplete, a fim de incorporar uma quantidade maior de informações, relevantes para entender a semiose, de forma visualmente direta.

Para começar a desenhar este instrumento, é necessário identificar os elementos que compõem o triplete. Na figura 5.1, as posições das letras S<sup>8</sup> (representamen), O (objeto) e I (interpretante) são arbitrárias, sendo que qualquer um dos três elementos pode ser posicionado em qualquer vértice do triplete.

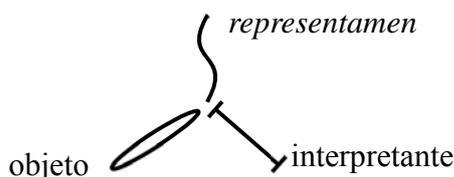
---

<sup>8</sup> Como explicamos no início do capítulo 4, Peirce utilizou a palavra signo algumas vezes com o sentido triádico e outras com o sentido de *representamen*. Optamos por utilizar separadamente cada um destes termos. No entanto, a comunidade de comentadores de Peirce conserva a letra S como referência ao *representamen* na relação *representamen*-objeto-interpretante (S-O-I). Optamos por manter coerência com os trabalhos peircianos e utilizamos S para indicar *representamen*.



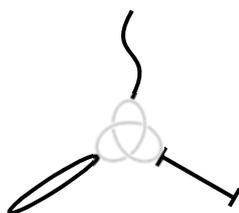
**Figura 5.1 - Triplete representando um signo com os elementos identificados**

Para efeitos de praticidade e para tornar os elementos do signo (*representamen*, objeto e interpretante) visualmente mais fáceis de serem identificados, modificamos o triplete substituindo os traços do triplete pelas letras S, O e I. A identidade visual que adotamos foi transformar os traços retilíneos em distorções verticais das letras S, O e I, que identificam o *representamen*, o objeto e interpretante, respectivamente. Assim, o triplete com os elementos incorporados ficou representado como indicado na figura 5.2.



**Figura 5.2 - Triplete com os elementos que compõem o signo incorporados na representação**

No entanto, ao modificarmos a estrutura anterior, promovemos uma ruptura entre os pontos de encontro de S, O e I. Esta ruptura fere com aquilo que acreditamos ser uma das mais importantes contribuições da perspectiva peirciana: a relação triádica do signo. Assim, optamos por afastar os três elementos e uni-los através de um nó borromeano (figura 5.3).



**Figura 5.3 - Os elementos do triplete unidos pelo nó borromeano**

O nó borromeano é caracterizado por três círculos. Aqui, ele foi adaptado para três elos não circulares, que se unem de tal forma que, ao se retirar apenas um deles, os outros dois se desatam imediatamente. Isto é, não há união de pares de círculos, apenas do trio. Este nó é um símbolo de uma relação típica de trindade, três elementos em um único. Assim, o nó borromeano foi usado por nós para cumprir duas funções: (i) reforçar a característica triádica do signo e (ii) deixar um espaço entre os elementos, sem quebrar a ligação entre eles, para inserirmos a classificação do signo. A partir da próxima figura, inserimos a imagem do nó borromeano mais

clara (com uma transparência maior) para facilitar a leitura da classificação signica que aparece à frente do nó.

Então, o triplete idealizado por nós identifica visualmente o *representamen*, o objeto e o interpretante (perfazendo o signo) unidos por um nó borromeano ao qual se superpõe a respectiva classificação signica (figura 5.4).

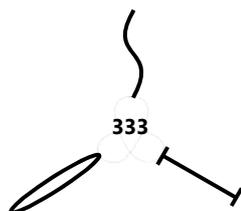


Figura 5.4 - O triplete com classificação signica

Optamos por acrescentar a classificação do signo, pois há indícios de uma evolução semiótica pensando na construção de legissignos simbólicos, em outras palavras, há uma hierarquia nas dez classes de signos (QUEIROZ, 2004, 2007).

## 5.2 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO TRIPLETO

Para melhor entender o que pretendemos com este instrumento vamos analisar, a título de exemplo, o processo semiótico da interpretação feita pelo autor deste trabalho a uma charge popularmente conhecida sobre situações de ensino em diferentes contextos históricos (figura 5.5).

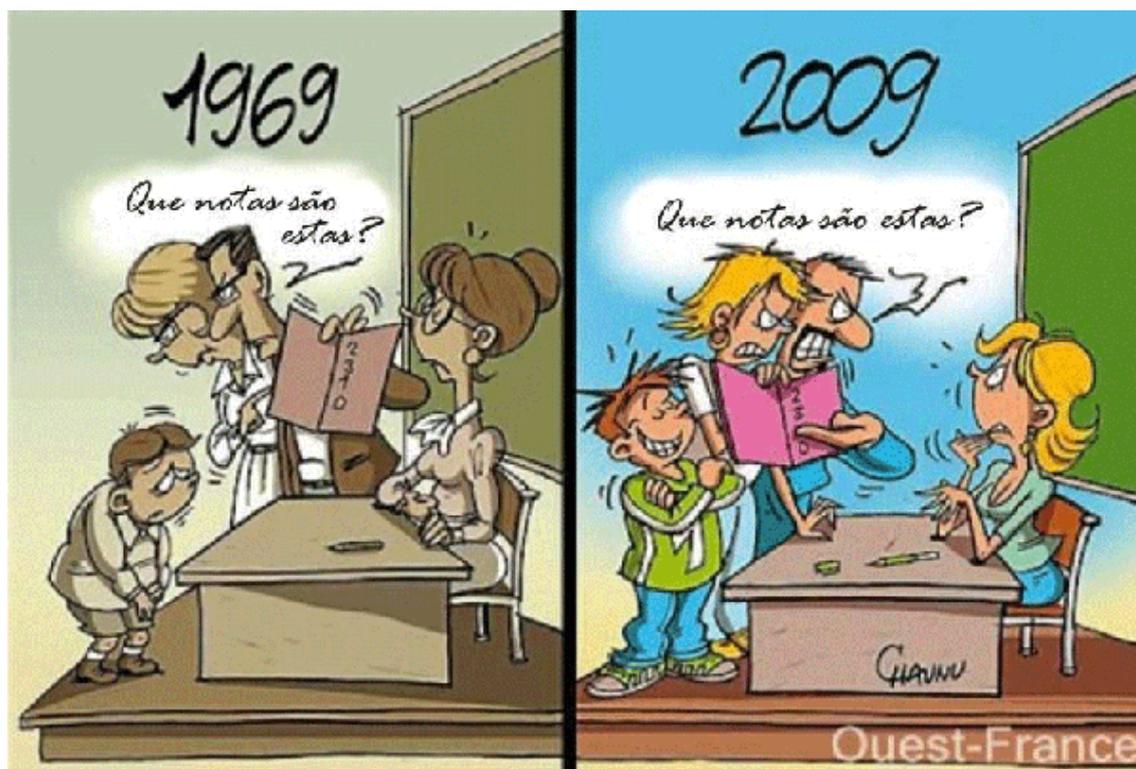


Figura 5.5 - Charge destacando as diferenças comportamentais em situações de ensino em variados contextos históricos

De início, precisamos destacar, como dissemos anteriormente, que a análise da semiose, isto é, da ação do signo, é, de maneira abrangente, uma tarefa hercúlea. Isto porque, por um lado, o signo se estende em um contínuo infinitamente até o objeto dinâmico e, por outro, infinitamente até o interpretante final. Assim, toda análise semiótica é um recorte de uma sequência de signos relevantes ao escopo da pesquisa.

A análise do signo requer que “o primeiro passo a ser dado seja o fenomenológico: contemplar, então discriminar e, por fim, generalizar em correspondência com as categorias da Primeiridade, Secundidade e Terceiridade” (SANTAELLA, 2002, p. 29). Posto desta forma, o triplete não nos daria muita informação acerca do signo e dos seus efeitos, uma vez que ele se limitaria a identificar os elementos que compõem o signo e a classificação sígnica. Esta é, sem dúvida, uma limitação de se usar o triplete para análise do signo. Porém, não projetamos esta ferramenta com o intuito de fazer a análise de um signo, mas sim a análise do efeito dele sobre um indivíduo mobilizando signos. Em outras palavras, não analisaremos o signo em si, mas como o indivíduo interpreta este signo, isto é, a semiose desenvolvida por um signo em um sujeito.

Passemos, então à interpretação da charge apresentada na figura 5.5 feita pelo autor deste trabalho. A primeira interpretação feita, antes de qualquer reflexão mais aprofundada sobre a situação apresentada na charge foi a de que ela quer dizer que “os valores familiares, em especial sobre a responsabilidade pelo desempenho escolar, mudaram completamente em algumas décadas”. Mas, quais significados carregados pelos signos conduziram o autor deste trabalho a interpretar a charge desta forma? Analisemos, inicialmente, os signos em partes para, posteriormente, promover a integração entre essas partes. O primeiro signo analisado é refere aos pais no ano de 1969 (figura 5.6).

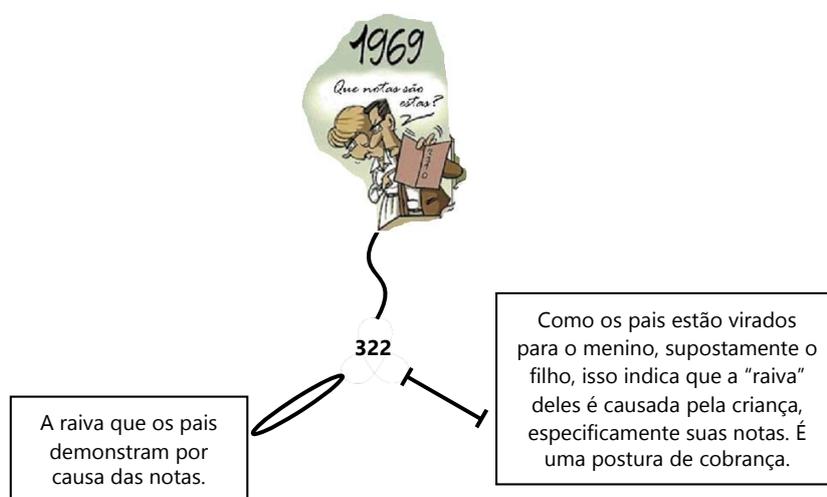


Figura 5.6 - O signo "pais em 1969"

O signo “pais em 1969” (figura 5.6) é um legissigno, pois o que remete à figura paterna não é, fundamentalmente, uma relação icônica (de qualidade) nem indexical (de fato), mas sim uma relação simbólica. O que gerou a atribuição de paternidade à esta figura são as posturas de cobrança e autoridade perante a criança. Ora, tais posturas não são impressas em um signo por semelhanças icônicas e nem relações factuais. As feições do rosto e a postura frente a criança são acordos culturais que fazem desta figura um signo, portanto um legissigno. A relação indexical (S-O) é uma clara menção a uma situação real, ou seja, segundo Santaella (2002, p. 49) “quando a referencialidade é direta, isto é, quando as mensagens indicam sem ambiguidade, no mundo existente, aquilo que elas se referem, estaremos falando de índices”. Como a relação S-O é indexical, o interpretante pode ser ou remático, pura potencialidade, ou dicente, relação existencial. Neste caso, o interpretante é um signo que identifica uma situação existente em algum tempo, reforçado pela data expressa acima da cabeça dos pais, e lugar, reforçado pelo quadro negro indicando a sala de aula. O interpretante é dinâmico como todos os interpretantes

analisados no processo da semiose, uma vez que esta é a ação do signo sobre um indivíduo e não a interpretabilidade possível.

Os outros dois signos que compõem a cena contextualizada em 1969, a criança (figura 5.7a) e a professora (figura 5.7b), têm a mesma classificação sgnica que o signo “pais”. O que difere entre eles são os representamens, objetos e interpretantes.

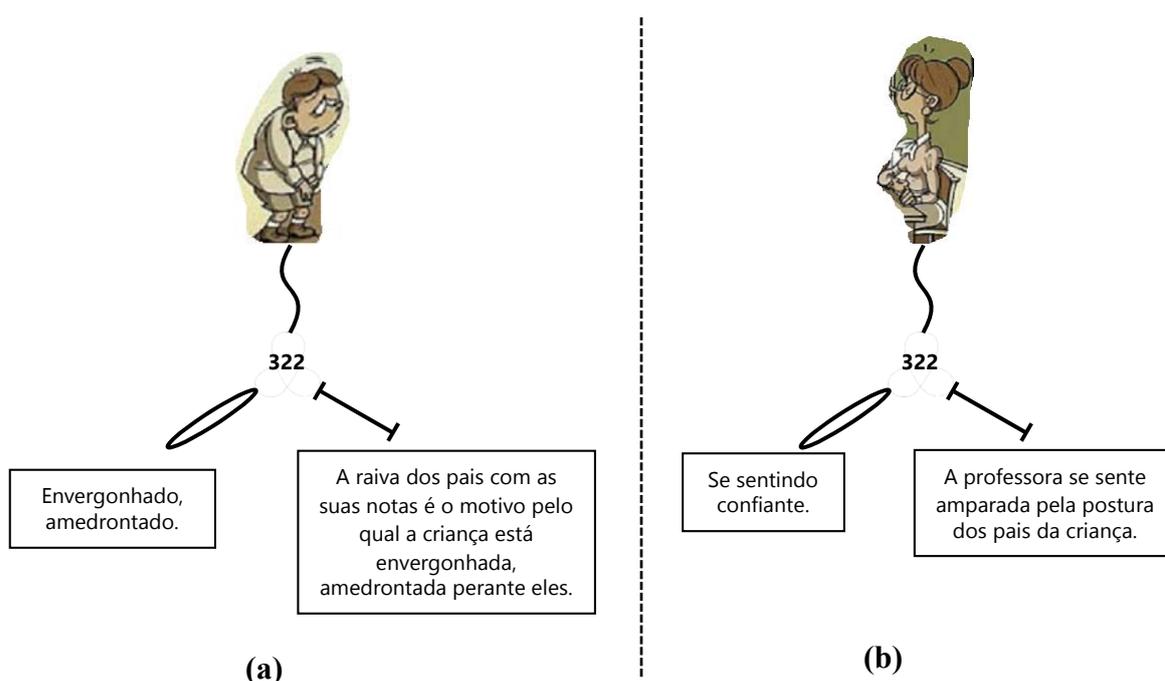


Figura 5.7 - Os signos "criança" e "professora" em 1969

A composição da cena contextualizada em 1969 nos mostra como os signos estão integrados (figura 5.8). A análise da cena nos permite concluir que o signo central é “pais”. Não há uma conexão direta entre a professora e a criança, e sim entre a professora e os pais e entre a criança e os pais. Os signos “pais” e “criança” estão integrados pelos elementos comuns nota e raiva (destacado na cor verde). Para o signo “pais”, as notas da criança e a raiva são uma parte do objeto do signo (a raiva pelas notas obtidas). Por outro lado, as notas são parte do interpretante do signo “criança” (estar amedrontado/envergonhado pelas notas obtidas). A interseção nos quadrados<sup>9</sup> que delimitam o objeto do signo “pais” e o interpretante do signo “criança” indica

<sup>9</sup> Evidenciado pelas cores diferentes das linhas dos quadrados. Este recurso não tem nenhum significado semiótico, ele foi utilizado somente para evidenciar a interseção entre os quadrados.

que há elementos comuns entre eles. O mesmo acontece entre os signos “pais” e “professora”. Neste caso, a união se dá entre os interpretantes dos dois signos, que estão ligados pela postura dos pais.

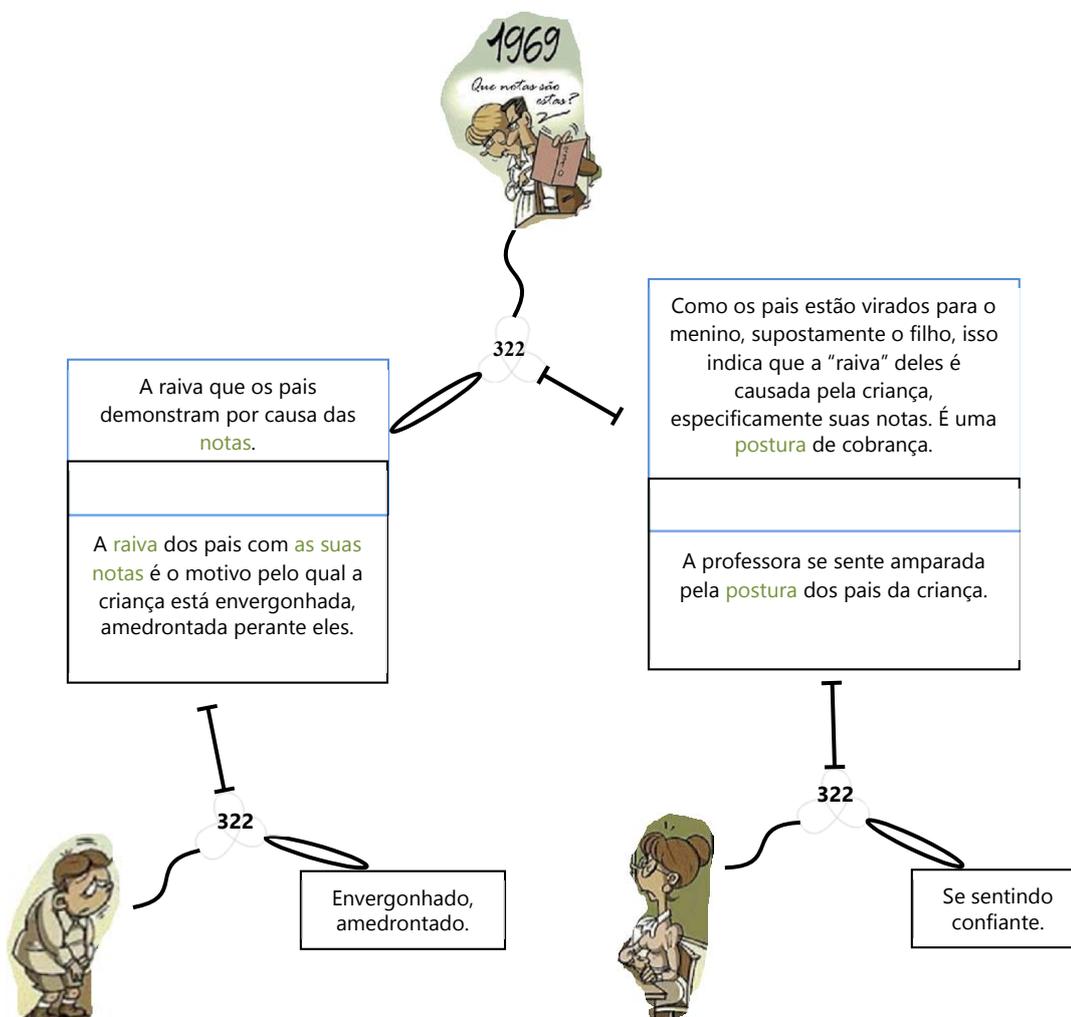


Figura 5.8 - A análise semiótica da cena contextualizada em 1969

O efeito de humor (ou seria de tragicomédia?) propiciado pela charge está no fato de termos os mesmos *representamens*, objetos e interpretantes nos dois contextos históricos. Porém, no contexto de 2009, o rearranjo dos elementos sugere outra interpretação (figura 5.9).

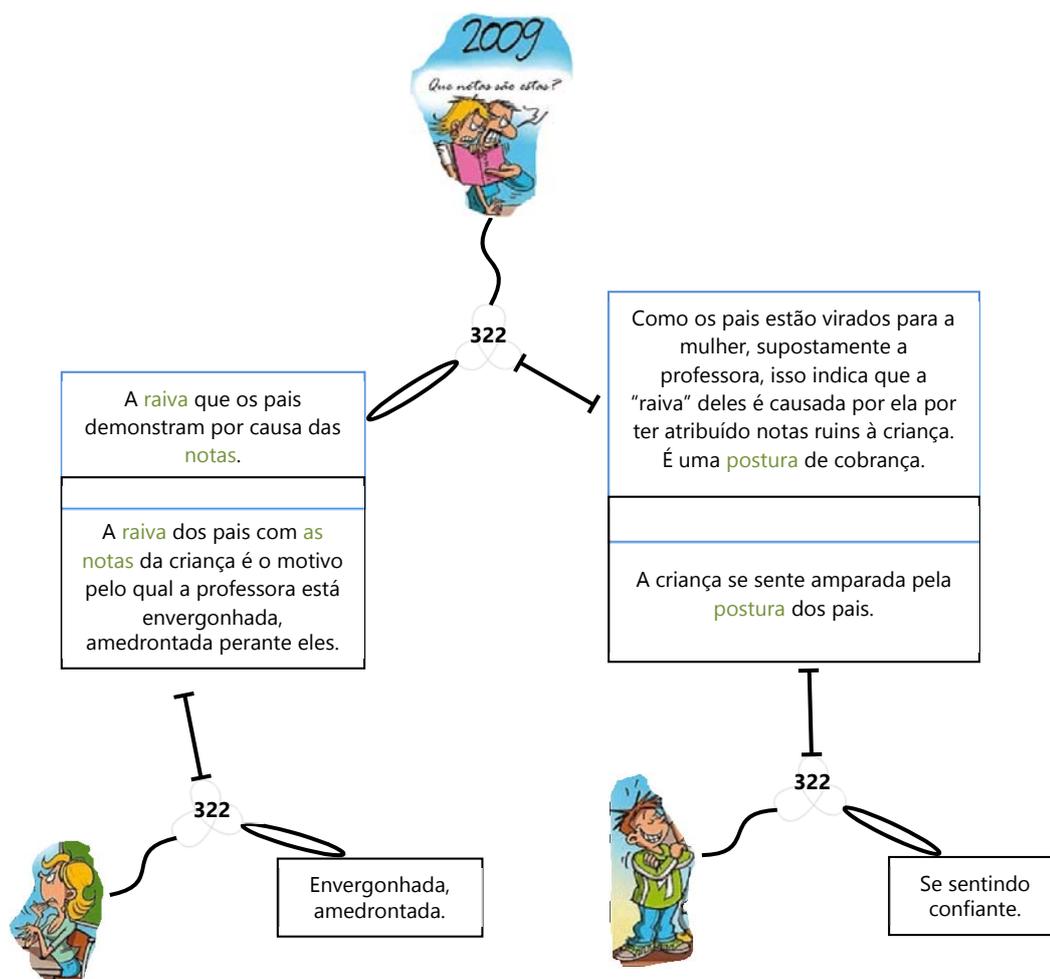


Figura 5.9 - A análise semiótica da cena contextualizada em 2009

### 5.3 LIMITAÇÕES DO INSTRUMENTO

A opção pela construção de uma ferramenta com base na semiótica se ancora na crença de que a aprendizagem é, sobretudo, um processo semiótico (DE TIENNE, 2003; PANESA, 1996; PEIRCE, 1931-1935, 1958, 2008; QUEIROZ, 2004, 2007). Esta visão está fundamentada numa visão peirciana de que a aprendizagem é sempre um processo racional. Isso restringe a visão atual do Ensino de Ciências, na qual a aprendizagem passa, por vezes, por processos que são tácitos e, conseqüentemente, não são, necessariamente, racionalizados. Por outro lado, esta ideia de racionalizar todo o processo de aprendizagem joga luz sobre a importância de se explicitar tudo aquilo que se deseja ensinar. Assim, o referencial peirciano tem concepções importantes que contribuem para o entendimento sobre o processo de aprendizagem, ainda que esteja limitado a um processo racional.

---

A análise da charge nos sugere que o tripleto pode ser usado para analisar o processo de integração entre diferentes signos feito por um sujeito. Para analisar os signos separadamente, precisaríamos obedecer a alguns pontos essenciais para o percurso de um roteiro de análise semiótica (SANTAELLA, 2002). Não analisamos a charge como signo (no seu potencial de significação), mas que ações o signo teve em quem o interpretou (nesta situação, a alteração nos valores familiares). Em outras palavras, buscamos indícios do interpretante dinâmico que a charge promoveu no indivíduo que a interpretou. Assim, não temos a pretensão de propor uma ferramenta que dê conta dos diversos efeitos que o signo pode produzir, isto é, estamos limitando o escopo de aplicação à semiose efetivamente produzido pelo signo.

Além disso, a figura 5.10 mostra qual seria outra limitação utilizando o próprio tripleto (sem a informação da classificação sígnica, que é irrelevante nesta questão). Os objetos e interpretantes dinâmicos em toda a cadeia de análise sígnica não são acessíveis pelo signo do qual fazem parte (apenas referenciados pelos seus respectivos imediatos). Logo, temos apenas indícios da semiose provocada em um indivíduo. O que é analisado neste trabalho é um signo expresso e este signo tem como seu objeto dinâmico o interpretante dinâmico de um signo anterior. Um mesmo elemento está fazendo o papel de interpretante para um *representamen*, em um signo, e objeto para outro *representamen*, em outro signo. Entretanto, o elemento de signo que faz esta junção entre os dois signos é inacessível. Por outro lado, acreditamos que esta limitação seja inerente à pesquisa sobre o processo de construção de conceitos/concepções e é inevitável em qualquer referencial que se queira considerar<sup>10</sup>. Por fim, apesar das limitações apresentadas, acreditamos que esta ferramenta tem grande potencial para subsidiar a análise da semiose.

---

<sup>10</sup> A título de exemplo, podemos fazer um paralelo entre o interpretante dinâmico e o modelo mental de um indivíduo. Ambos não são acessíveis e só podemos ter indícios do que eles são a partir dos signos expressos pelo indivíduo, no referencial semiótico, ou a partir dos modelos expressos, no referencial de modelos e modelagem.

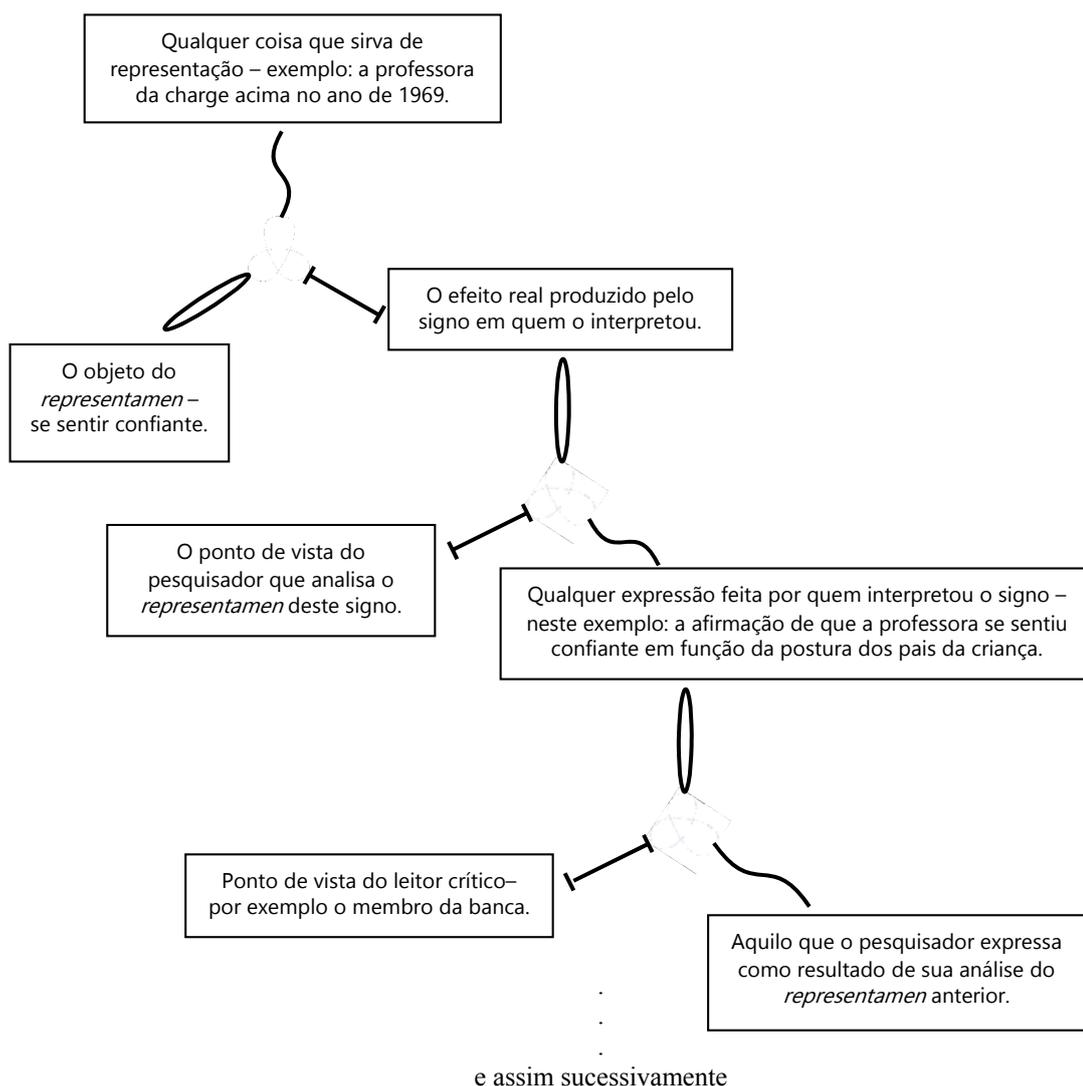


Figura 5.10 - A descrição, via triplete, do processo de análise de dados desenvolvido neste trabalho

Nos capítulos 7 e 8, utilizamos o triplete na análise de processos de mobilização de representações a fim de demonstrar a relevância da ferramenta proposta e a validação da mesma. Para tanto, apresentamos duas análises distintas (uma de dados empíricos coletados pelo autor deste trabalho e outra de resultados publicados em um artigo sobre semiótica e representações). Os dados empíricos se referem a um estudo do processo de atribuição de sentidos produzido a partir de dados coletados em uma entrevista conduzida com uma estudante de Licenciatura em Física (cognome Luiza), na qual foram criadas oportunidades para que ela mobilizasse várias representações em uma situação de experimento virtual. O nosso objetivo ao conduzir este estudo é avaliar a ferramenta segundo três critérios, isto é, se o triplete é aplicável; coerente; e relevante. Para nós, se uma ferramenta for muito complexa para ser aplicada ela dificilmente será utilizada em outros domínios e pesquisas, diminuindo seu potencial de contribuição. Além disso, é fundamental que ela seja coerente com o que já se sabe

da literatura. Por fim, ela deve trazer novas informações para a pesquisa na área, sem o quê tal ferramenta não tem utilidade.

Por outro lado, a opção pela análise de um trabalho já publicado se justifica como forma de validar o instrumento, uma vez que a referência utilizada é proveniente de um periódico conceituado na área<sup>11</sup> e respeitado por, inclusive, ter avaliação criteriosa dos artigos nele publicados.

---

<sup>11</sup> Research in Science Education, classificado como Qualis A pela CAPES nas áreas de Educação e Ensino.

---

## CAPÍTULO 6. METODOLOGIA DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

As representações usadas em Ciências e no Ensino de Ciências apresentam formas muito variadas: desenhos bidimensionais em papéis ou telas de computador, desenhos “tridimensionais” em computadores, maquetes, filmes, equações, gráficos, tabelas, desenhos animados, recortes textuais etc. Diante dessa pluralidade de opções, acreditamos no potencial de simulações computacionais como um ambiente de aprendizagem rico em MR.

Nosso objetivo de analisar um processo semiótico de mobilização de representações direciona o caminho a ser tomado para encontrarmos dados que nos auxiliem na discussão. Mas, antes disso, precisamos discutir outra questão: precisamos de uma grande quantidade de dados ou podemos realizar uma análise aprofundada de poucos indivíduos? Ou seja, realizamos uma pesquisa quantitativa ou uma pesquisa qualitativa?

Concordamos com Mendonça (2012, p. 7) que afirma que “uma análise mais qualitativa pode favorecer o pensamento do fenômeno em termos de eventos, processos, proposição de teorias explanatórias e uma análise mais quantitativa pode favorecer o pensamento do fenômeno em termos de variáveis e correlações”. Para fazermos uma análise quantitativa, nosso objetivo deveria ser voltado para uma relação entre duas ou mais variáveis de determinado fenômeno. Isto porque, neste tipo de pesquisa, em geral, busca-se uma relação de causa e efeito ou uma correlação de comportamento das variáveis. O que nós buscamos não é compreender uma relação entre variáveis, e sim um entendimento sobre como se dá um processo. Neste sentido, uma pesquisa qualitativa se mostra mais adequada.

Dentre as diferentes metodologias de pesquisas qualitativas o estudo de caso tem características de produção de dados condizentes com aqueles que estamos buscando para responder à nossa questão de pesquisa. O estudo de caso é uma metodologia na qual um exemplo pode ser extrapolado para outras situações semelhantes. Além disso, deve ser uma situação real vivenciada pelo objeto de estudo, que pode ser um indivíduo, uma classe, uma instituição etc. (COHEN; MANION; MORRISON, 2000). A possibilidade de se avaliar um indivíduo numa situação real é uma característica positiva desta metodologia, pois permite um entendimento melhor da complexidade dos eventos ocorridos nos contextos particulares. Por outro lado, a particularidade do contexto é alvo de críticas quanto às generalizações advindas de um único

---

caso (SIMONS, 1996). Ainda que não fundamentem grandes generalizações, os estudos de caso permitem extrapolações para contextos semelhantes ao vivenciado em cada caso, resguardados os limites de cada contexto.

As principais características do estudo de caso são: (a) concentrar atenção numa descrição rica e vívida dos eventos relevantes ao caso; (b) apresentar uma narrativa cronológica dos eventos relevantes; (c) unir a descrição dos eventos com a análise dos mesmos; (d) focar em indivíduos e buscar a compreensão deles sobre o evento; (e) destacar eventos específicos que são relevantes para o caso; e (f) envolver o pesquisador no caso (Hitchcock; Hughes, 1995 apud COHEN; MANION; MORRISON, 2000). Consideramos que tais características descrevem uma ferramenta que atende aos objetivos desta pesquisa.

Por outro lado, não podemos considerar esta pesquisa como sendo um estudo de caso, pois analisamos o processo de atribuição de sentidos independentemente do grupo de pertencimento do público alvo (discutido adiante). Isto é, analisamos um indivíduo atribuindo sentidos a representações, mas não analisamos como este processo se relaciona com o grupo de pertencimento deste indivíduo. Assim, não podemos definir esta pesquisa como estudo caso por não fazer a ligação entre o caso individual e o seu grupo de pertencimento.

Desta forma, conduzimos uma pesquisa a partir das características que definem o estudo de caso, pois este processo gera dados que atendem aos nossos objetivos, mas não a caracterizamos como estudo de caso por não promover o diálogo entre o estudo individual e o grupo de pertencimento deste indivíduo.

A seguir descrevemos a metodologia desta pesquisa apresentando o instrumento escolhido para a coleta de dados, a simulação utilizada na entrevista, e os sujeitos da pesquisa. Por fim, a análise dos dados, que é apresentada no final do capítulo, foi utilizada tanto nos dados empíricos coletados para este trabalho quanto na releitura dos dados publicados no artigo sobre semiótica e representações.

---

## 6.1 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

### 6.1.1 *A opção pela entrevista*

Para obter os dados necessários, julgamos que uma estratégia adequada seria a condução de entrevistas individuais realizadas em um contexto de participação do sujeito em atividades que envolvem MR. A característica marcante da entrevista é o fato de ela ser individual (ou, no máximo, envolver um grupo pequeno de pessoas) e verbal. Conseqüentemente, ela permite ao pesquisador interagir com o entrevistado a fim de buscar compreensões sobre a forma de pensar do indivíduo. Assim, a entrevista se caracteriza pela troca de informações direta entre o entrevistador, que as procura, e o entrevistado, que as fornece (COHEN; MANION; MORRISON, 2000; FLICK, 2009). Como nossa questão de pesquisa demanda uma metodologia que nos ajude a entender de maneira mais profunda como o licenciando faz a translação entre as formas de representação, a entrevista se mostra adequada.

A entrevista é reconhecida como uma parte inerente da comunicação diária entre indivíduos. Qualquer conversa entre duas pessoas em que há um questionamento pode ser entendida como uma entrevista. Como uma ferramenta metodológica para a pesquisa em Educação, é possível se beneficiar das vantagens da entrevista como parte integrante do dia a dia do indivíduo, mas deve-se ter cuidado com as limitações que advêm dessa informalidade natural como reações negativas do entrevistado quando ocorrem interpretações equivocadas entre as falas, ainda que a intenção seja de comunicação correta. Em suma, a interação direta entre entrevistador e entrevistado é causa das principais vantagens e também das desvantagens da entrevista como metodologia de coleta de dados. Se por um lado a entrevista permite acessar conhecimentos mais profundos do indivíduo, por outro ela é propensa à subjetividade e pode ser tendenciosa por parte do entrevistador (COHEN; MANION; MORRISON, 2000).

De uma maneira geral, as entrevistas podem ser de uma ampla variedade de formas que vão desde perguntas mais fechadas e de roteiro estabelecido até um debate aberto por vezes sem definição de questões ou ordenamento. As entrevistas, variando de um extremo a outro, podem ter diferentes graus de abertura e na literatura da área encontramos três tipos comumente citados: formal (ou fechada), informal (ou aberta) e semiestruturada (COHEN; MANION; MORRISON, 2000). A entrevista formal é composta por questões escritas previamente pelo

---

entrevistador e feitas numa ordem sequencial pré-estabelecida. Essas questões devem ser específicas para que atendam aos objetivos da pesquisa. Esta modalidade tem a vantagem de ser focada no objetivo proposto pelo pesquisador e de favorecer uma coleta mais rápida. Ela também apresenta um alto grau de categorização que permite comparação de respostas entre diferentes entrevistados.

A entrevista informal é um debate franco e aberto entre entrevistado e entrevistador. O entrevistador não tem como controlar o que será falado e em que ordem. A conversa flui assim como as questões surgem ao longo da entrevista. Nessas condições, corre-se o risco de que várias questões importantes para o objetivo da pesquisa sejam ignoradas. Por outro lado, a dedicação do entrevistado à entrevista tende a ser quase integral, uma vez que ele mesmo conduz os pontos a serem abordados naquele tema, com colaboração do entrevistador, e que são de seu interesse. Dessa forma, suas repostas tendem a expressar seus pensamentos de forma menos tendenciosa, o que contribui para aumentar a importância e a relevância das respostas. Este tipo de entrevista requer que o entrevistado se sinta muito seguro com o entrevistador para falar sem se sentir acuado, ou seja, deve haver uma maior confiança mútua entre entrevistador e entrevistado.

A entrevista semiestruturada parte de um conjunto de questões pré-estabelecidas pelo pesquisador. As perguntas têm um caráter mais abrangente dentro do tema de investigação e, embora o começo seja pré-estabelecido, a ordem das perguntas pode ser alterada em função da interação entre entrevistado e entrevistador. Além disso, outras questões não propostas podem surgir de acordo com o andamento da entrevista. Nessas condições, a entrevista mantém um certo tom de conversa contínua e situada, como na entrevista informal, mas permite que o entrevistador conduza a entrevista para atender a questões importantes de seu objetivo de pesquisa. Assim, a coleta de dados ganha alguma sistematização de análise; não tanto quanto uma categorização completa da entrevista formal, porém maior do que a favorecida pela falta de estrutura da entrevista informal. Por outro lado, ainda que se tente abordar todas as questões importantes para o objetivo da pesquisa, algumas podem ficar ausentes da entrevista. Isto ocorre porque o entrevistado ainda tem certa autonomia na condução do diálogo. Como a ordem das perguntas pode ser completamente diferente entre entrevistados, as respostas dadas podem não ser comparáveis entre si. Isto contribui para dificultar a categorização dos dados oriundos deste tipo de entrevista.

---

Tanto a entrevista informal quanto a semiestruturada exigem bastante experiência do entrevistador na condução do processo, pois ambas pretendem favorecer a obtenção de respostas do entrevistado sem que pareça que o pesquisador está dominando a conversa, embora seja inevitável a assimetria na relação de poder em uma entrevista (KVALE, 2006). É importante que o entrevistador tenha flexibilidade para saber dialogar com o entrevistado e, se necessário, sugira uma mudança de assunto (voltando ao tema relevante para a pesquisa) de tal forma que pareça, para o entrevistado, que ele próprio está conduzindo a entrevista.

Neste trabalho, não pretendemos fazer uma categorização sobre como se dá a translação entre formas de representação e sim entender, a partir de uma perspectiva semiótica, como o estudante faz essa translação. Em outras palavras, as diferentes formas de translação não são o foco da nossa pesquisa, mas sim como ocorre o processo de traslado-las. Por este motivo, não achamos que uma entrevista formal atenda aos nossos objetivos. Sua principal vantagem, a capacidade de cruzar informações entre entrevistados a fim de poder compará-las, não é o ponto central de nossa questão de pesquisa. Por outro lado, mesmo que nós não estejamos investigando as diferentes translações, é importante que as conheçamos e as saibamos identificar durante a entrevista. Sendo assim, alguma sistematização da mesma é importante para que possamos cruzar dados de diferentes entrevistas, não para compará-las, mas sim para complementar informações. Dessa forma, julgamos que uma entrevista informal pode não responder ao que pretendemos, pois corremos o risco de não conseguir concluir o que estamos propondo. Assim, considerando os objetivos da pesquisa e todas as características dos vários tipos de entrevista, julgamos que a entrevista semiestruturada é a mais adequada para a coleta dos dados necessários.

As entrevistas que exploram a estratégia de “pense em voz alta”, que são semiestruturadas, são questionadas quanto à confiabilidade entre o que o entrevistado diz e o que ele realmente está pensando ou fazendo. Em uma pesquisa sobre o uso de MR em ambiente de simulação, Stieff *et al.* (2011) argumentam que algumas vezes os estudantes mobilizam mais MR do que relatam em entrevistas pós-atividade, ou do tipo “pense em voz alta enquanto faz”. Eles constataram que, embora haja essa pequena diferença, há uma grande correlação entre aquilo que os estudantes relatam que estariam utilizando nas MR e a posição da tela que eles estão olhando no momento da execução da atividade. Sendo assim, mesmo sob o risco de perder algum dado, e na ausência de recursos que permitam adquirir um equipamento de leitura ocular, decidimos

---

conduzir entrevistas deste tipo considerando que os dados assim gerados têm seu grau de confiabilidade referendado por testes que usam tal equipamento.

Um exemplo desta metodologia aplicada pode ser visto em Monaghan e Clement (1999). Os autores buscaram evidências de que os estudantes estavam “rodando” uma simulação mental após serem submetidos a uma seção de ensino com simulação computacional. Para buscar evidências de simulação mental, eles utilizaram entrevistas individuais semiestruturadas, pois somente assim eles poderiam analisar quando, e se, os estudantes utilizavam elementos de uma possível simulação mental na resolução de uma tarefa. Em certo sentido, os objetivos desta pesquisa se assemelham aos de Monaghan e Clement: buscamos evidências de se, quando, e como, os licenciandos transladam entre formas de representação durante a execução de uma simulação computacional.

### *6.1.2 A caracterização da entrevista*

O roteiro básico da entrevista consiste na apresentação de uma sequência de imagens (que fazem parte de uma simulação computacional sobre dinâmica) isoladas ou em pequenos grupos, acompanhada de questões que buscam compreender os sentidos que os entrevistados atribuem aos signos observados. Em seguida, a simulação computacional é apresentada e solicita-se que os licenciandos expliquem o conceito de inércia usando a referida simulação. A partir deste momento, os licenciandos são questionados sobre representações, a forma como as mobilizaram, e os significados que eles atribuíram a elas durante a execução da atividade. O objetivo da entrevista foi analisar como se daria o processo de atribuição de sentidos às representações quando estas foram integradas em MR. A nossa expectativa era a de que os sentidos atribuídos a cada um dos signos pudessem ser alterados em função da união com outros ou da ordem em que eles aparecem. Como o foco deste trabalho não é o desenvolvimento conceitual sobre o assunto, a entrevista abre espaço para uma intervenção do entrevistador com uma explicação conceitual sobre o assunto, se ele julgar importante para a continuidade da mesma.

Visando favorecer uma análise detalhada dos dados, as entrevistas foram gravadas em áudio e vídeo para posterior transcrição e análise.

---

## 6.2 A SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO PHET – FORÇAS EM UMA DIMENSÃO

A falta de conclusões sobre benefícios ou prejuízos de se usar MR dinâmicas e conectadas indica a importância de se entender o processo de como a conexão dinâmica entre as MR se dá (REY, 2011) ou, de outra forma, como o estudante translada entre representações em ambientes de MR com conexões dinâmicas. Por isso, escolhemos, como contexto de análise das múltiplas representações, as simulações computacionais com conexões dinâmicas. Entender como os estudantes transladam entre representações contribui para entendermos os benefícios ou prejuízos didáticos ao se utilizar tal ambiente. Como mostram Wang *et al.* (2014), a maior parte das investigações em Ensino de Ciências conduzidas entre 1990 e 2011 que envolvem diferentes tipos de tecnologia tiveram como foco as simulações computacionais. Sendo assim, muito vem sendo estudado sobre esse ambiente e, considerando que “a incorporação (no ensino) das novas tecnologias mudou os processos e a natureza do laboratório de Ciências bem como a natureza do aprendizado em si” (WANG *et al.*, 2014, p. 318), ainda há espaço para mais questionamentos.

Desde o final da década de 1970, quando surgiu o computador pessoal, os computadores passaram a ser mais utilizados no ensino (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003). A maior facilidade de acesso ao computador por parte de estudantes do mundo todo faz com que esta ferramenta seja cada vez mais utilizada no ensino nos últimos anos.

No entanto, o computador é somente uma ferramenta que pode, ou não, auxiliar na aprendizagem dos estudantes. Se o professor não se preocupar com estratégias adequadas de ensino, o computador pode se tornar apenas uma ferramenta avançada para técnicas de ensino tradicionais, ou seja, o uso de uma ferramenta moderna não se justifica por si.

Já há alguns anos, a pesquisa em ensino indica o crescente uso de computadores como ferramenta educacional e as simulações computacionais com uma de suas principais aplicações (ARAUJO; VEIT, 2004; FIOLHAIS; TRINDADE, 2003). Em um trabalho recente de revisão da literatura Rutten, van Joolingen e van der Veen (2012) levantaram um total de 510 publicações entre os anos de 2001 e 2010 sobre o tema simulações computacionais e seus efeitos sobre a aprendizagem. De acordo com o critério dos autores (principalmente as

pesquisas com metodologia quantitativa, envolvendo conteúdos de Ciências ou Matemática e com público alvo de estudantes entre 12 e 20 anos) o total de publicações analisadas caiu para 48. Eles separaram tais publicações em quatro categorias criadas em função do que pretendiam analisar:

*...a melhoria do ensino tradicional com utilização de simulação computacional (subdividida em: comparação entre simulação computacional e ensino tradicional; e simulação computacional e atividades de laboratório); comparação entre diferentes formas de visualização (subdividida em: diferentes formas de representação e diferentes tipos de ambientes de imersão<sup>12</sup>); comparação entre diferentes tipos de apoio pedagógico (subdividida em: apoio à aprendizagem por investigação e apoio a abordagens de ensino com outras perspectivas); e salas de aula e ambientes de sala de aula (subdividida em: vários graus de engajamento e papel da orientação e colaboração do professor). (RUTTEN; VAN JOOLINGEN; VAN DER VEEN, 2012, pag. 138)*

A partir dos trabalhos analisados, os autores concluíram que a simulação computacional ganhou, inegavelmente, um grande espaço nas salas de aulas. Além disso, todos os trabalhos que se propuseram a avaliar a melhoria do ensino tradicional com a utilização de simulação computacional obtiveram um resultado positivo para a aplicação da nova tecnologia. Como perspectiva futura, os autores destacam a importância de concentrar as pesquisas numa visão mais ampla das diferentes formas de visualização (representações) e das medidas de apoio ao estudante.

As simulações computacionais são, em sua maioria, espaços virtuais nos quais os estudantes podem alterar parâmetros de determinado fenômeno a fim de perceber as perturbações causadas por suas interferências. Em outras palavras, as simulações computacionais podem ser definidas como programas nos quais o usuário realiza experimentos em condições controladas para entender o modelo que está por trás do funcionamento da simulação (REY, 2011). A percepção das perturbações promovidas pelas modificações em parâmetros do experimento passa pelo entendimento dos estudantes sobre as formas de representação do fenômeno observado. Considerando que pretendemos compreender como os estudantes transladam entre

---

<sup>12</sup> Nota de esclarecimento: O termo “ambientes de imersão” se refere à distinção entre diferentes ambientes virtuais nos quais o estudante pode estar inserido, como: visualização em 2D e 3D, realidade virtual e robótica.

---

representações, acreditamos que o ambiente virtual das simulações pode propiciar um rico material para análise semiótica.

Além disso, para nós, assim como para Rutten *et al.* (2012), uma característica que diferencia as simulações das animações computacionais é a capacidade de interação do usuário com a ferramenta. Os ambientes de animações computacionais também são espaços ricos em MR, mas não permitem que o usuário altere parâmetros a fim de testar hipóteses. Esta diferença nos faz optar pelo uso de simulações, pois confiamos na importância da participação ativa do estudante na construção do conhecimento.

As simulações computacionais também parecem ser mais interessantes, em termos de promover integração entre MR, do que atividades de laboratório. Em um estudo com estudantes de química, Kozma (2003) mostrou que, em um ambiente de simulação, os estudantes fizeram muito mais conexões entre as representações e os fenômenos do que em uma atividade de laboratório sobre o mesmo fenômeno. Os diálogos na sessão de simulação foram muito mais conceituais do que no laboratório, onde os diálogos se concentraram nas características físicas superficiais observadas. Este resultado é um indício de que o ambiente de simulação propicia um debate conceitual entre os alunos, o que acreditamos ser importante no processo de aprendizagem.

O crescente uso dos computadores no Ensino de Ciências nos remete ao público alvo do nosso estudo. Como as novas tecnologias estão inseridas nos cursos de Licenciaturas em Ciências? A popularização do computador colocou uma ferramenta poderosa na mão dos futuros professores, mas os cursos de Licenciatura, em geral, não preparam o futuro professor para saber lidar com esta ferramenta e nem discutem qual é o papel do professor na aplicação de simulações computacionais com fins pedagógicos (RUTTEN; VAN JOOLINGEN; VAN DER VEEN, 2012).

Existe, disponível gratuitamente, uma grande variedade de simulações computacionais com foco no Ensino de Ciências. Elas podem ser encontradas em sites de departamentos de

universidades e em sites específicos sobre o assunto<sup>13</sup>. Entre as diferentes possibilidades, o PhET – Physics Education Technology – ([http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](http://phet.colorado.edu/pt_BR/)) é o que mais chamou nossa atenção, pois ele: contém uma grande quantidade de simulações disponíveis que permitem um trabalho em diferentes domínios da Ciência; possibilita fazer o download para trabalhar de maneira off-line (ampliando sua utilidade para regiões nas quais a conexão com a internet em sala de aula é ruim ou inexistente); e apresenta uma versão de seu conteúdo em português. Além disso, uma mesma simulação permite que o estudante controle quais representações ficam disponíveis na tela do computador.

Por exemplo, a figura 6.1 mostra uma simulação (do referido site) de um homem empurrando uma caixa ao longo de uma superfície com atrito. Na cópia da tela podemos ver, na parte de cima, os vetores das forças aplicadas ao objeto e o vetor da força resultante. À esquerda vemos uma pequena caixa de diálogo com o valor da força aplicada pelo homem (parâmetro inicial controlado pelo usuário) e opções sobre quais forças devem ser exibidas no gráfico. No centro, há quatro gráficos (força *versus* tempo, aceleração *versus* tempo, velocidade *versus* tempo e posição *versus* tempo) que vão sendo gerados à medida que o tempo passa quando a simulação é iniciada. No lado direito da tela, dentro de um quadrado de fundo branco, pode ser visto o diagrama de forças aplicadas ao objeto. Abaixo deste diagrama, o usuário encontra parâmetros que podem ser alterados: a exibição (ou não) dos vetores de forças horizontais aplicadas ao objeto e da força resultante (logo acima do objeto), além da escolha do tipo de piso (com ou sem atrito). Abaixo disso, há várias opções de outros parâmetros que podem ser alterados: objetos, posição inicial do objeto, valor da aceleração da gravidade, massa do objeto escolhido, coeficiente de atrito estático e cinético. Dessa forma, quem interage com a simulação pode experimentar uma ampla variedade de situações.

---

<sup>13</sup> Por exemplo: <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/>; [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](http://phet.colorado.edu/pt_BR/); <http://www.physics.uoguelph.ca/>; <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/>; [http://galileo.phys.virginia.edu/classes/109N/more\\_stuff/Applets/](http://galileo.phys.virginia.edu/classes/109N/more_stuff/Applets/)

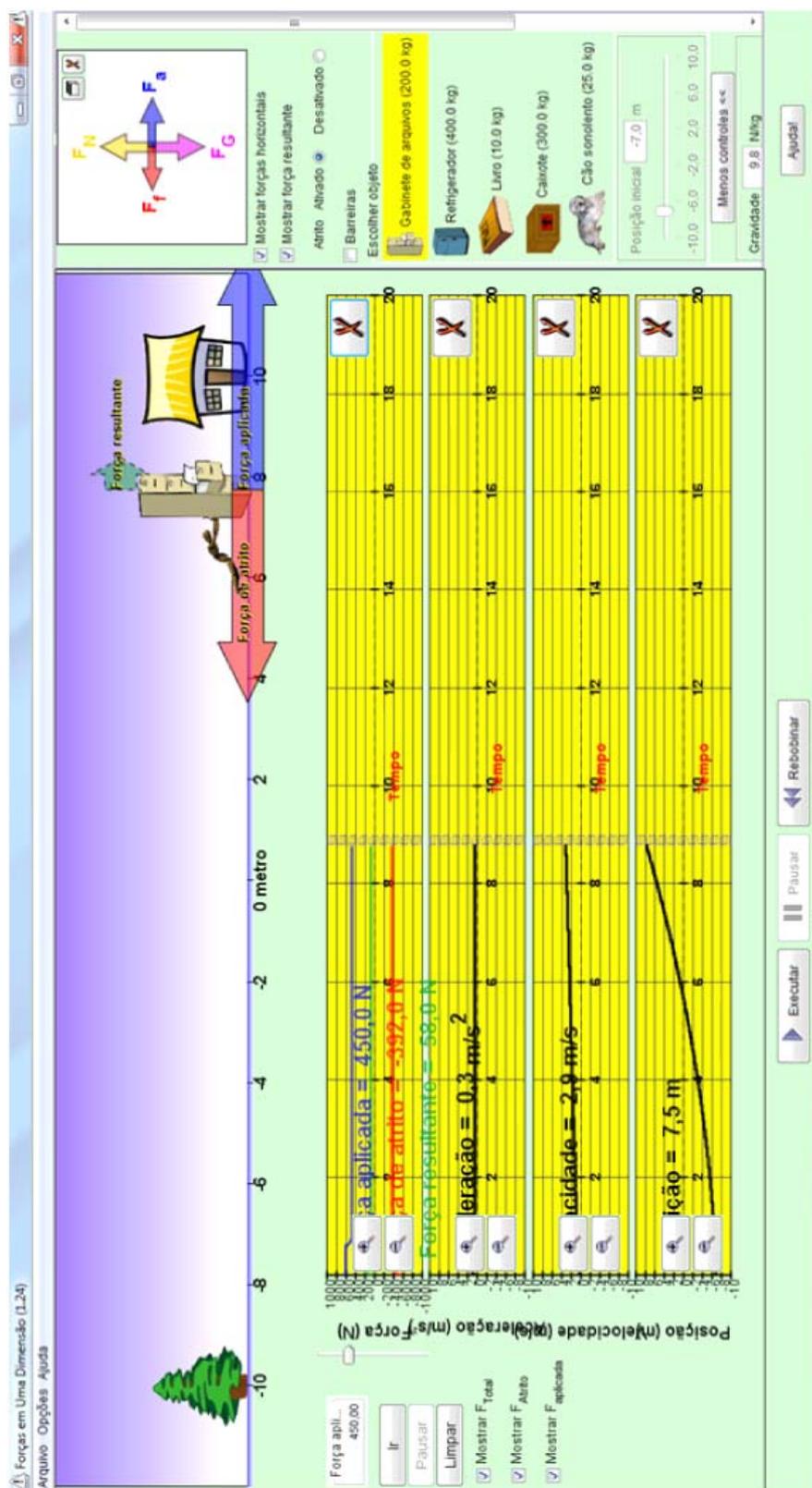


Figura 6.1 - Modelo de uma simulação com todas as formas de representação ativas (extraído de [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/forces-1d](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/forces-1d))

Além dessas diversas funcionalidades, as características da teoria da carga cognitiva indicam que é preferível diminuir a carga irrelevante para que o processamento da informação seja mais efetivo. Uma das formas de se fazer isso, é colocar o mesmo código para diferentes representações que se referem ao mesmo elemento (BODEMER *et al.*, 2004). Por exemplo, todas as representações que se referem à força de atrito na figura da simulação ilustrada na figura 6.1 são da cor vermelha. Além disso, não há repetição de cores nas representações de entidades distintas. Assim, o mesmo código de cores diminui a necessidade de o indivíduo processar a mesma entidade caso fossem apresentadas identidades visuais diferentes.

A figura 6.1 mostra a simulação com todas as formas de representação possíveis ativas. No entanto, existe a possibilidade de ocultar algumas das formas de representação, ou fazer com que elas sejam mostradas gradualmente. Por exemplo, podemos selecionar apenas o gráfico da força *versus* tempo suprimindo a exibição dos demais, ou ocultar os vetores de forças, ou qualquer combinação desejada. Se optarmos por ocultar todas as formas de representação que estão sob o controle do usuário, a simulação, com o mínimo de informações, fica como na figura 6.2.

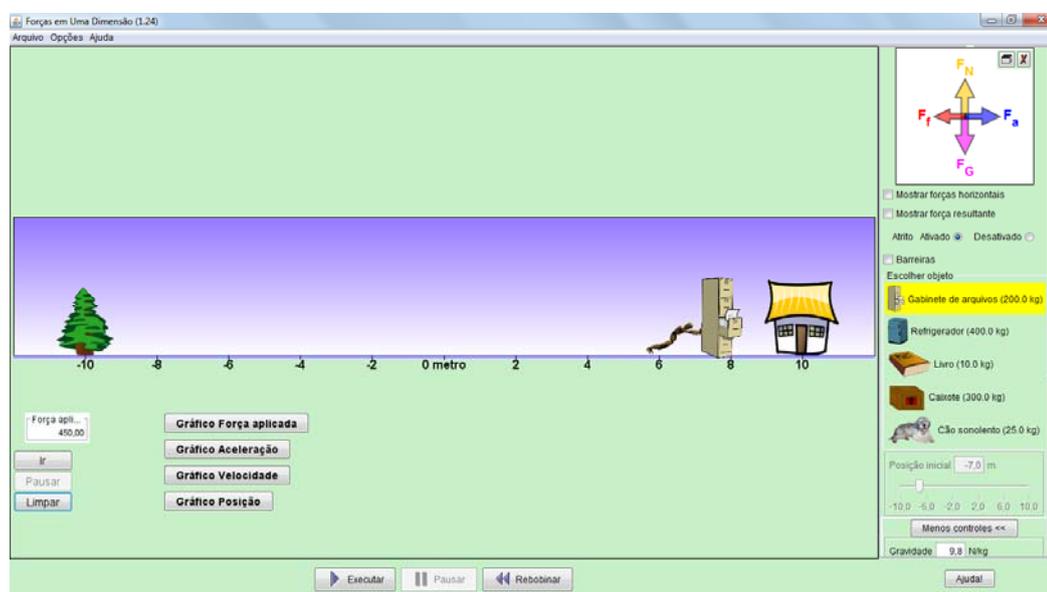


Figura 6.2- Exemplo de simulação com o menor número de representações possíveis (extraído de [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/forces-1d](http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/forces-1d))

Conforme informado no próprio site, as simulações disponibilizadas no PhET são constantemente avaliadas pela equipe do projeto visando garantir a eficácia educacional e usabilidade das mesmas. Isto é feito através de:

[...] entrevistas com alunos, além de utilização efetiva das simulações em uma variedade de configurações, incluindo palestras, trabalhos em grupo, temas de casa e trabalhos de laboratório. ([http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/about](http://phet.colorado.edu/pt_BR/about))

Além dessa constante avaliação, há um espaço para a contribuição de usuários na criação de atividades pedagógicas com base nas simulações disponíveis. Dessa forma, a equipe faz uma constante atualização do site quer seja com acréscimo de novas simulações quer seja com o aprimoramento das já existentes a partir das contribuições recebidas dos usuários.

Além disso, pesquisas em simulações computacionais em educação vêm utilizando as simulações do PhET como exemplo ou como ferramenta para avaliar os impactos da simulação computacional no ensino (ADAMS *et al.*, 2008a, 2008b; ARANTES; MIRANDA; STUDART, 2010; PERKINS *et al.*, 2006; PODOLEFSKY; PERKINS; ADAMS, 2010; WIEMAN; PERKINS; ADAMS, 2008). Isto também contribuiu para considerarmos o ambiente PhET adequado ao nosso propósito uma vez que indica que as mesmas se prestam a serem utilizadas em pesquisas.

Dentre as simulações oferecidas, optamos por utilizar a que aborda “forças em uma dimensão”, por ser adequada para trabalhar um tema considerado fundamental da mecânica: a inércia. Apesar da relevância deste conceito – que envolve a 1ª Lei de Newton – professores em formação vem apresentando dificuldades de compreensão e aplicação da mesma (RISCH, 2010; SAGLAM-ARSLAN; DEVECIOGLU, 2010). Sendo assim, a discussão poderia oferecer um contexto rico para análise de como os licenciandos utilizam as MR nos processos de ensino e aprendizagem de inércia.

### 6.3 SUJEITOS DA PESQUISA

Na construção da revisão da literatura, nos deparamos com uma grande quantidade de trabalhos que abordavam o papel das MR no Ensino de Ciências. Esses trabalhos abordavam, em geral, como estudantes de ensino médio lidavam com as MR. As conclusões, que já expusemos, dão conta de que os estudantes têm dificuldade em transladar entre diferentes formas de representação. Para ajudar o aluno de Ensino Médio a desenvolver esta habilidade, é importante que os atuais e novos professores saibam como transladar entre representações. Isto é, o professor em formação é o mesmo que foi aluno do Ensino Médio há poucos anos e que, possivelmente, apresentava as dificuldades de translação entre representações. Além disso, este

---

professor estará em poucos anos na sala de aula conduzindo um processo de integração entre MR com seus alunos. Em que momento desta passagem (deixar de ser aluno do Ensino Médio para ser o professor deste nível de ensino) foi discutido com os licenciandos como as MR se integram? Temos uma inquietação quanto à (suposta) apropriação de habilidades por parte de professores em formação ao longo do curso. Isto é, como não se trabalha explicitamente as relações entre MR nos cursos de formação de professores, será que este professor em formação não está se formando com as mesmas dificuldades de integração de MR apresentadas por alunos do Ensino Médio? Além disso, como já demonstrado na revisão da literatura, existem poucos trabalhos que discutem como professores em formação lidam com representações e, também por isso, optamos por restringir o público alvo aos estudantes de um curso de Licenciatura em Física a fim de saber como esse público faz a translação entre representações. Estes licenciandos são estudantes de escolas federais de diferentes períodos do curso de Licenciatura em Física. Eles foram convidados a participar da entrevista e foi dito a eles que não haveria nenhuma relação entre sua aceitação do convite e sua avaliação nas disciplinas regulares do curso. Ou seja, eles não estavam pressionados a participar por nota ou qualquer outro instrumento de avaliação curricular. O entrevistador/pesquisador era professor da mesma instituição, e do curso de Física. Os sujeitos da pesquisa já foram alunos dele em semestres anteriores, mas não eram alunos das disciplinas ministradas pelo pesquisador durante o período da gravação.

Em todas as entrevistas, os entrevistados foram informados de que o objetivo era avaliar como eles lidariam com as imagens apresentadas; que o assunto da entrevista seria baseado em conceitos físicos, mas que eles não se preocupassem com erros ou acertos conceituais, posto que em momento algum eles seriam avaliados por isso. Todos os licenciandos que aceitaram participar do estudo entenderam os propósitos do mesmo e, livremente, consentiram com o uso dos dados para os fins da pesquisa.

A opção por apresentar a entrevista de uma licencianda do 7º período do curso (de cognome Luíza), em detrimento de outras, foi tomada levando em consideração os vários processos de integração entre MR, a clareza na exposição de suas ideias que propiciaram uma interpretação dos dados mais assertiva – aspectos essenciais para os propósitos deste trabalho.

---

## 6.4 ANÁLISE DE DADOS

Como o signo é tudo aquilo que é percebido como representando algo para alguém, utilizamos o triplete para identificar as semioses promovidas pelos signos percebidos pelos sujeitos. Então, a análise é feita da mesma forma que na seção 5.2 (Exemplo de aplicação do triplete), ou seja, usamos o triplete identificando os elementos (*representamen*, objeto e interpretante) que compõem os signos identificados pelos participantes da pesquisa.

Na integração entre os signos, identificamos os elementos comuns em diferentes signos. Como na análise do exemplo citado, esperamos encontrar elementos comuns que estão presentes em diferentes signos. Isto porque o objeto de um signo pode ser o mesmo, ou parcialmente igual, ao objeto ou interpretante de outro signo, por exemplo. Construímos, neste trabalho, uma rede de interpretação sógnica a fim de entender, semioticamente, o processo de atribuição de sentidos entre as representações.

Para os dois capítulos de resultados, a análise dos dados de cada semiose promovida pelo signo, é conduzida a partir de alguns passos: (i) identificar o *representamen*, objeto e interpretante; (ii) fazer a classificação sógnica; e (iii) reconhecer os elementos comuns no processo de integração.

Da sequência de passos da análise obtemos:

- o triplete para cada semiose, a partir dos passos (i) e (ii);
- a rede sógnica que nos permite indicar os elementos semióticos específicos que fazem a integração entre MR, a partir do passo (iii);
- a forma como diferentes classes de signo se integram, a partir dos passos (ii) e (iii); e

Os dados foram analisados de forma independente por dois pesquisadores (o autor desta tese e sua orientadora) e as divergências foram discutidas até que se estabelecesse um entendimento comum entre eles.

No capítulo 7, entrevista semiestruturada, buscamos o entendimento de como os estudantes lidam com diferentes representações na simulação. Desta forma, limitamos a análise dos signos às representações bidimensionais expostas na tela. Outros signos como gestos feitos pelos estudantes, entonações de voz etc. são levados em consideração como forma de explicitar as

---

falas dos sujeitos, mas não compõem material de análise deste trabalho. Além disso, algumas poucas vezes os signos apareceram isolados, isto é, não integrados a outros signos. Nestas situações optamos por também fazer a análise, pois essas mesmas representações aparecem em rearranjos no decorrer da entrevista. Assim, ao promover a alteração nos arranjos entre representações surgiram novas interpretações e, por isso, optamos por fazer a análise do signo inicialmente isolado para fins de comparação.

Por outro lado, no capítulo 8, tudo que é entendido como signo faz parte do processo de análise. Isto se justifica pois o objetivo dos autores do artigo utilizado é analisar um discurso multimodal a partir da perspectiva peirciana. Desta forma, cada passagem identificada pelos pesquisadores como sendo uma integração entre vários signos foi reinterpretada, levando em consideração uma visão ampla da semiótica peirciana, e reanalisado via tripleto.

---

## CAPÍTULO 7. APLICAÇÃO DO INSTRUMENTO DE ANÁLISE NA ENTREVISTA COM A LICENCIANDA

### 7.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Na apresentação da entrevista, as representações, as falas e os diálogos relevantes para um processo de atribuição de sentidos, são apresentados em quadros destacados do texto na ordem cronológica. Há uma numeração dentro de círculos no canto superior direito de cada quadro para orientar a sequência de falas/diálogos e facilitar a referência cruzada entre o texto e os quadros. Para a primeira parte, destacamos a representação apresentada na tela e a fala/diálogo corresponde a cada representação. Em seguida, fazemos a classificação sígnica e, quando necessário, apresentamos alguma análise semiótica mais detalhada da representação ou da integração entre representações quando for o caso. Por vezes, algumas representações se repetiram e a licencianda apresentou a mesma interpretação. Nestes casos, fizemos a análise na primeira vez em que o signo apareceu e as demais, que explicitamos ao longo do texto, ficaram subentendidas para que a leitura fluísse melhor.

Na segunda parte, durante a simulação, destacamos as falas/diálogos relevantes para a análise da relação multirrepresentacional a partir do triplete. Por vezes, quando foi necessário explicitar o que a licencianda via em um dado momento, apresentamos uma tela igual<sup>14</sup> àquela com a qual a aluna interagiu na simulação.

Por fim, as análises semióticas estão destacadas no texto em *itálico* fazendo menção direta aos conceitos explicitados no referencial teórico.

---

<sup>14</sup> As figuras representativas das telas do computador foram reproduzidas posteriormente. A imagem gerada pela captura do vídeo apresentou pouca nitidez para ser colocada neste texto. Desta forma, quando necessário, refizemos a experiência virtual com os mesmos dados colocados pela aluna e obtivemos uma tela semelhante àquela que a aluna via durante a entrevista. As representações mostradas por nós são iguais àquelas que a estudante viu. Pequenas diferenças podem ocorrer, principalmente em variações de tempo de duração do experimento. No entanto, essas variações não prejudicam a análise, uma vez que as representações mobilizadas pela estudante estavam idênticas àquelas que apresentamos na segunda parte da entrevista.

## 7.2 A ENTREVISTA

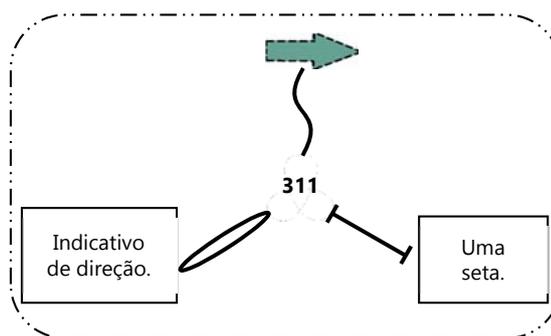
Após os esclarecimentos iniciais sobre a entrevista, a licencianda foi questionada sobre sua percepção em relação à imagem apresentada na tela do computador. A primeira imagem apresentada foi uma seta (diálogo 01).

	<p><i>Entrevistador (E): O que você está vendo? E para você o que é aquilo que aparece na tela?</i></p> <p><i>Luíza<sup>15</sup> (L): É uma seta.</i></p>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">01</div>
---	---	--

Este signo atuou, para a licenciada, como um *legissigno icônico*. O exemplo que Peirce traz de 311 é o de um diagrama à parte a sua individualidade, isto é, um diagrama não conectado existencialmente a nenhum fato, sendo apenas potencialidade. Entendemos este signo como um possível diagrama não individualizado. Ele é um legissigno, pois é um acordo convencional. Por outro lado, a ligação do signo com o objeto e também com o interpretante tem uma característica de potencialidade. Ele é uma seta naquilo de mais amplo e abrangente que uma seta pode representar. Não há uma atribuição de significado específico à ela nem de referencialidade direta a um existente. O interpretante é genérico, uma seta, mas não é uma conceitualização de ‘setas’. Se houvesse esta conceitualização, teríamos uma ligação S-I do tipo argumental. O seu objeto, indicativo de direção<sup>16</sup>, fica claro numa fala posterior (fala 20). Ainda que vinculado ao contexto daquela fala, extrapolamos o objeto da seta para todas as setas, pois Luíza foi explícita quanto a isso. A licencianda fez a menção explícita de que a seta indica uma direção, assim, para ela a seta não representava a direção, como um objeto, mas aquilo que se permite representar da direção que está inscrito no próprio signo (quadro 7.1).

<sup>15</sup> O nome Luíza é um pseudônimo que garante o anonimato da participante.

<sup>16</sup> Durante a entrevista, a licencianda adotou um discurso não formal. Desta forma, ela mencionou “indicativo de direção” para aquilo que deveria ser, fisicamente falando, indicativo de sentido. Como o foco da entrevista não estava no rigor conceitual do discurso, o entrevistador optou por manter o diálogo fluindo adotando o significado coloquial para o termo direção.

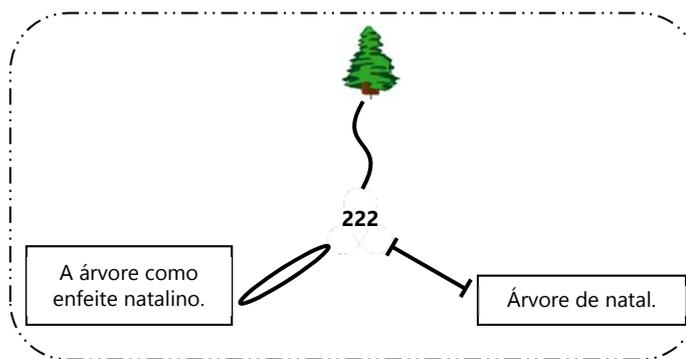


Quadro 7.1 - O signo seta

A representação seguinte, fala 02, foi interpretada como um enfeite natalino.

	<i>L: Uma árvore de natal.</i>	02
--	--------------------------------	----

Ainda que o signo da fala 02 tenha uma forte característica de qualidade, e também de iconicidade, o elemento mais marcante é a referencialidade ao real, portanto um *sinsigno indexical* (quadro 7.2). A relação S-I é *dicente* por indicar, para Luíza, algo existente, factual, e não um argumento. Além disso, o interpretante de Luíza, ou da forma como pudemos observá-lo, faz uma referência ao *objeto dinâmico* “árvore de natal”.



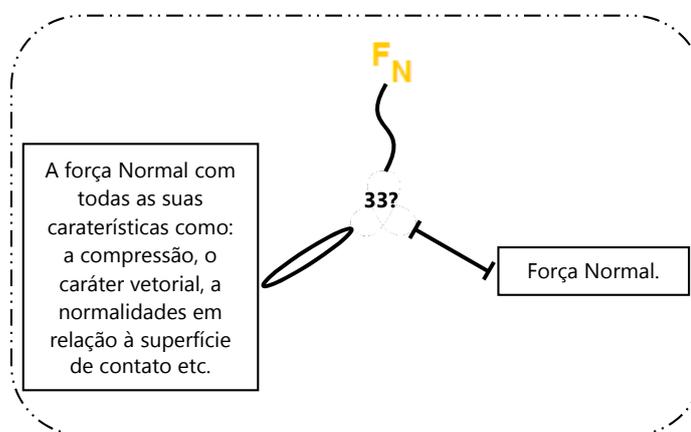
Quadro 7.2 - O signo árvore natalina

O signo apresentado e identificado na fala 03 é comumente utilizado no Ensino de Física.

$F_N$	<i>L: Força Normal.</i>	03
-------	-------------------------	----

Neste elemento, dois caracteres juntos (F e N), sendo o segundo subscrito ao primeiro, constituem um signo convencionalizado da Física, portanto um *legissigno simbólico*. A conexão deste signo com o objeto também se dá por força de uma regra geral. Isto é, não há elementos

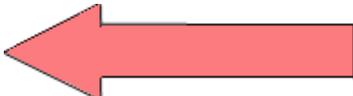
icônicos ou indexicais fortes o suficiente para fazer com que a referência entre o signo e o objeto se dê preponderantemente por um destes dois fatores. Logo, temos uma relação simbólica. No entanto, a maneira genérica como a licencianda se referiu ao signo não permite que saibamos como se dá a relação entre S-I. O interpretante pode ter sido entendido como a força Normal em sua concepção ampla de força e pertencente a uma classe genérica de signos (caso em que teríamos um argumento), ou a licencianda poderia estar se referindo à força Normal como sendo uma força específica e existente (caso em que teríamos uma relação dicente). Como não é possível identificar o que ela disse, optamos por deixar em aberto esta classificação (quadro 7.3).



Quadro 7.3 - O signo força Normal

Além disso, temos duas representações integradas, de tal forma que a junção das duas representações dá a ideia de uma terceira representação, única, que está além do que cada uma faria isoladamente (VAN DER MEIJ; DE JONG, 2006). Isto é, a letra N não traz, a princípio, o significado de Normal e tampouco a letra F tem, obrigatoriamente, o significado de força. Em outras palavras,  $F_N$  é um signo próprio diferente de F e N separadamente. Acreditamos que o contexto da entrevista (aluna do curso de licenciatura em Física, entrevistador é professor de Física e o local da gravação foi um laboratório de Física) influenciou a interpretação que a aluna deu à representação, mas isto não modifica a análise sónica. A representação letra F e letra N juntas e na posição subscrita da letra N em relação à letra F indicou, para a aluna, que a representação era de força Normal. No momento desta fala, não tínhamos indício de que a letra F ou a letra N fosse a representação determinante na atribuição de sentidos. No entanto, na fala 6 (a seguir), Luíza deixou claro que a característica de colocar uma letra (ou expressão) subscrita à outra fez com que ela atribuísse um sentido a partir da subscrição. Ou seja, neste caso ela estaria utilizando a letra N como base para atribuir sentido de força ao F, isto é, o F não é um F qualquer, pois o N sugere uma forma de entender que F representa força. Além disso,

uma vez determinado que F representa força, eles compartilham informações para determinar que não é uma força qualquer, mas sim a força Normal.

	<p><i>L: Uma seta com sentido (e não significado) oposto</i> (04)</p>
	<p><i>L: Uma casa.</i> (05)</p>

Os signos apresentados nas falas 04 e 05 são semelhantes a signos já trabalhados anteriormente, outra seta e a árvore de natal. As classificações sígnicas são as mesmas<sup>17</sup>.

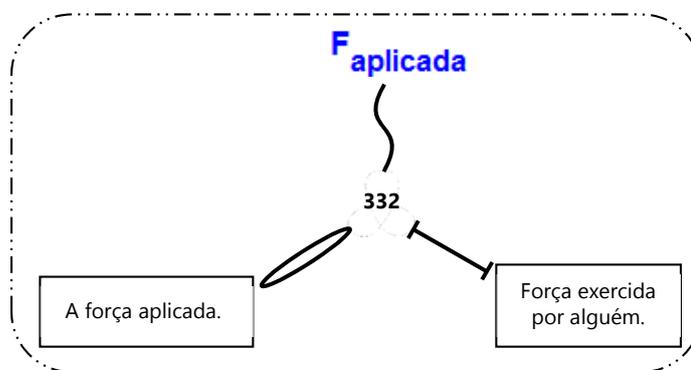
<p><b>F</b> aplicada</p>	<p>(06)</p> <p><i>L: Força que alguém exerceu.</i></p> <p><i>E: Por que força?</i></p> <p><i>L: Porque tem a letra F.</i></p> <p><i>E: Porque a letra F, para você, é uma força?</i></p> <p><i>L: Todos os conceitos da Física que eu já trabalhei relacionam a letra F com força. Poderia ser F de Fahrenheit, mas não seria aplicada... Se for relacionar com símbolos<sup>18</sup>, só força que me vem à cabeça.</i></p>
--------------------------	--

Questionei a sexta representação, pois não estava escrito Força, apenas a letra F, assim como já havia acontecido (fala 03 – força Normal). Como ela já tinha feito essa associação antes, julguei importante entender porque ela atribuía o sentido de Força à letra F. A resposta da aluna indica o forte apelo do contexto em que a entrevista se deu, portanto não é de se estranhar que as respostas tenham sido pensadas no contexto da Física. Quanto à classificação sígnica, a única

<sup>17</sup> Optamos por não repetir análises semelhantes para não sobrecarregar o leitor com exames repetitivos. No entanto, julgamos importante manter as figuras na ordem que surgiram, pois em alguns casos estas imagens são retomadas posteriormente em integrações com outras representações na construção de novos signos. Nestes casos, é importante que o leitor tenha conhecimento de que a representação não foi novidade para a aluna. Por isso, todas as imagens estão sendo mostradas, mas nem todas analisadas individualmente.

<sup>18</sup> Durante o diálogo, a expressão “símbolo” não tem relação com o conceito peirciano de símbolo. Na conversa com a licencianda, o significado de símbolo é o sentido coloquial da palavra, como representação, imagem, modelo, figura etc.

diferença deste signo para o signo de força Normal é a forma explícita e factual que a licencianda deu à relação S-I, um signo *dicente* (quadro 7.4).



Quadro 7.4 - O signo  $F_{aplicada}$

Esta relação S-O é *simbólica*, isto é, a licencianda se referiu a uma representatividade da força que não está posta no próprio signo, e tal representatividade é convencional. Da forma como ela se manifestou, não há referência direta à força real, mas a um conceito genérico de força, ainda que seja uma força aplicada por alguém. O *interpretante dicente* é, neste caso, uma réplica<sup>19</sup> de um interpretante argumental.

A seguir, a licencianda foi apresentada a uma sequência de imagens (falas/diálogos 07, 08 e 09) que são semelhantes a signos anteriores e foram interpretadas por ela de maneira similar aos anteriores. Portanto as análises semióticas se repetem.

	<i>L: Outra seta</i>	(07)
$F_G$	<i>L: Força Gravitacional</i> <i>E: Mesma coisa da anterior?</i> <i>L: É! Igual ao “força aplicada”, o G parece que está subscrito, então seria força Gravitacional</i>	(08)
	<i>L: Uma seta com sentido para baixo.</i> <i>E: Nada mais que isso?</i> <i>L: Não.</i>	(09)

<sup>19</sup> Toda réplica é um caso de aplicação, ou manifestação, de um tipo de signo. Em geral estas réplicas são casos de aplicação de signo hierarquicamente mais desenvolvidos. Neste caso, por exemplo, o dicente é uma réplica, caso de aplicação, de um argumento.

O signo  $F_G$  foi interpretado por Luíza como sendo força Gravitacional. Ela destacou que, da mesma forma que aconteceu com a representação da força aplicada, o fato de o G estar subscrito ao F sugeria uma forma de apresentar o símbolo à qual ela estava acostumada. No entanto, a classificação sígnica seria a mesma da força Normal, pois não conseguimos identificar o tipo de interpretante criado nesta situação.

Em seguida apareceu uma seta direcionada para baixo, que a aluna identificou como o que se via. Perguntei se aquele signo seria mais do que isso e ela respondeu que não. Normalmente, as forças gravitacionais são representadas como sendo verticais para baixo. Assim, a sequência de imagens da força Gravitacional e da seta para baixo poderia sugerir uma atribuição de sentido para a seta. Além disso, a seta tinha a mesma identidade de cor que o símbolo  $F_G$ . Ainda assim, para Luíza a seta era apenas uma seta.

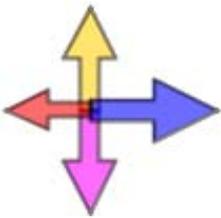
Depois da representação identificada como sendo um boneco, surgiu outra seta que coincidentemente estava apontada para o lado em que o entrevistador estava sentado (falas 10 e 11). Ela pensou que o boneco antes e uma seta apontando para tal lado (coincidindo com a minha posição) indicaria que eu estaria representado naquele boneco.

	<p><i>L: Um boneco</i></p> <p style="text-align: right;">(10)</p>
	<p><i>L: Você está querendo mostrar que é você?</i></p> <p><i>E: Não.</i></p> <p style="text-align: right;">(11)</p>

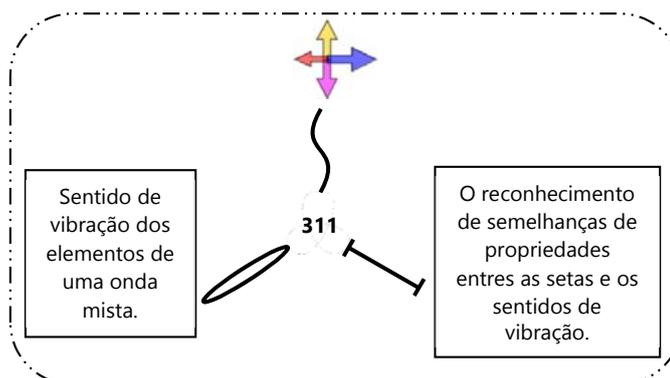
Assim, parece que esta sequência de imagens fez com que Luíza pensasse que uma representação pudesse estar ligada a outra, ainda que as duas estivessem separadas. Na sequência de imagens anterior, falas 08 e 09 com  $F_G$  e a seta para baixo (ambos com o mesmo código de cores), o vínculo entre elas não foi estabelecido por Luíza.

No diálogo 12, as setas não foram entendidas como meras setas, como interpretado inicialmente pela licencianda, nem estariam indicando algo, mas sim mostrando o sentido de oscilação das vibrações em ondas. Portanto, as setas unidas, da forma como mostrado na tela, passaram a ter

outro sentido totalmente diferente dos dois primeiros e a imagem formada foi obtida pela integração dos elementos formando uma nova representação.

	<p>Luíza fica pensativa, um pouco em dúvida. <span style="float: right;">12</span></p> <p><i>E: O que é isto para você? O que você está vendo?</i></p> <p><i>L: Estou vendo... porque eu estou com ondas na cabeça, então isto está lembrando uma onda mista. Pois mostra os dois sentidos na hora de representar. Porque eu estou com muita onda na cabeça.</i></p>
---	--

Este *representamen* é um *legissigno*, isto é, tem um caráter arbitrário e convencional. A ligação S-O é feita em função de uma semelhança de propriedades, ou seja, os sentidos indicados pelas setas se assemelham aos sentidos de vibração dos elementos de uma suposta onda mista, relação icônica. A relação S-I é *remática*, pois indica uma possibilidade (quadro 7.5).

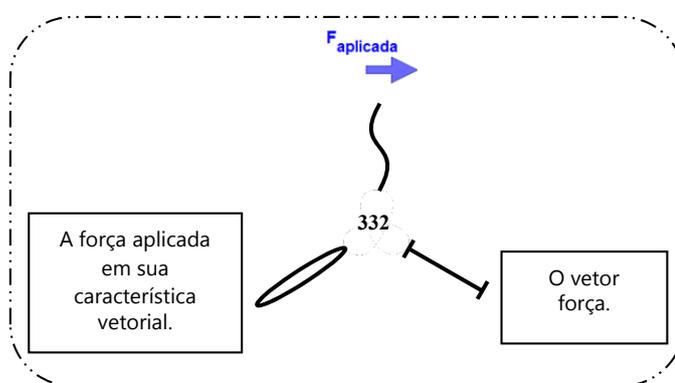


Quadro 7.5 - O signo da onda mista

Em seguida, pela primeira vez, foi apresentada uma seta associada com algum termo (diálogo 13).

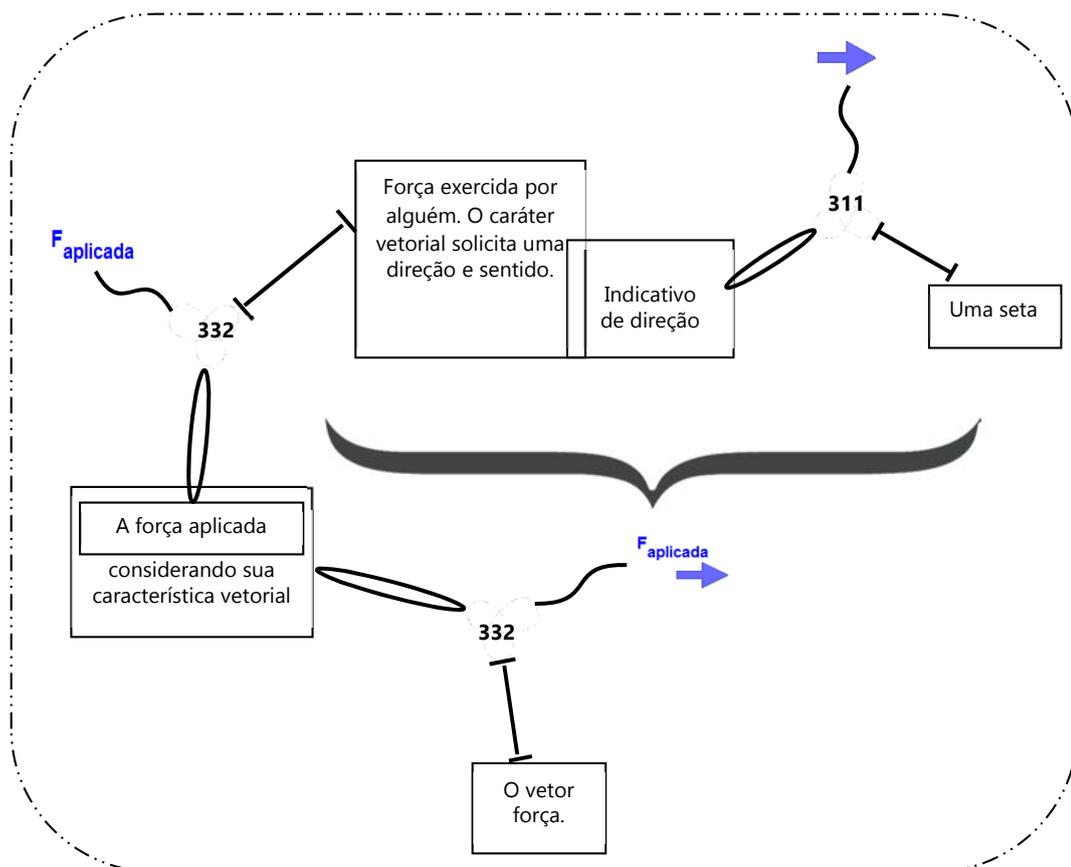
<p><b>F aplicada</b></p> 	<p><i>L: Um vetor!</i> <span style="float: right;">13</span></p> <p><i>E: Por que esta seta é um vetor e esta mesma seta antes não era um vetor, era somente uma seta que apontava alguma coisa?</i></p> <p><i>L: Porque agora está relacionando tanto força com uma seta. Aí eu lembrei de vetor. Eu juntei dois conceitos físicos.</i></p>
--	--

Este signo tem a mesma classificação do signo  $F_{aplicada}$  e isto acontece pelos mesmos motivos (quadro 7.6). Neste caso, diferentemente das setas anteriores, Luíza fez referência ao objeto *dinâmico*. Isto é, diferentemente das situações anteriores, Luíza se referiu a características do objeto que estão além daquelas características do objeto também presentes no signo (o objeto imediato). Isto nos dá indícios de que ela estava mobilizando outros interpretantes disponíveis em seu repertório mental para construir seu entendimento sobre o signo apresentado. O vetor, como conceito matemático aplicado à Física, é um objeto que não teve, na fala de Luíza, características inscritas no próprio *representamen*.



Quadro 7.6 - O signo da  $F_{aplicada}$  com característica vetorial

É importante lembrar que este signo é a fusão de dois signos anteriores, o  $F_{aplicada}$  (quadro 7.4) e uma seta apresentada anteriormente para a licencianda. O triplete como forma de análise da integração entre MR é apresentado no quadro 7.7.



Quadro 7.7- A junção entre os signos  $F_{aplicada}$  e seta

Nesta junção (quadro 7.7), o objeto do novo signo engloba objeto do signo  $F_{aplicada}$  e, por isso, foi representado como um caixa dentro de outra caixa. O signo seta tinha objeto e interpretante apenas como possibilidade. Quando esta seta se integra com a  $F_{aplicada}$ , o novo signo criado tem como objeto a força que já era o objeto do signo  $F_{aplicada}$ , e um interpretante que amplia a ideia de uma força aplicada. Neste sentido, os interpretantes dos dois signos são os mesmos, sendo o último signo um interpretante mais desenvolvido, no sentido de tender a um *interpretante final*. O vetor traz uma nova face à força que não estava contemplada na explicitação anterior de força aplicada, ou seja, a força é caracterizada pelo seu módulo e, agora, também pela direção e sentido. O objeto da seta e o interpretante da  $F_{aplicada}$  estão se interseccionando, e isto indica que estes elementos são diferentes, mas têm algumas características em comum que possibilitam a associação entre eles. A integração entre estas representações ocorreu pela interseção entre o objeto de uma e o interpretante da outra. Além disso, a junção de dois signos levou a um terceiro que estava além do que os dois poderiam fazer isoladamente.

O signo  $F_{aplicada}$  estava condicionando a forma de interpretar a seta, isto é, estava determinando que a licencianda interpretasse a seta como sendo um vetor. Para ela, uma seta era apenas uma

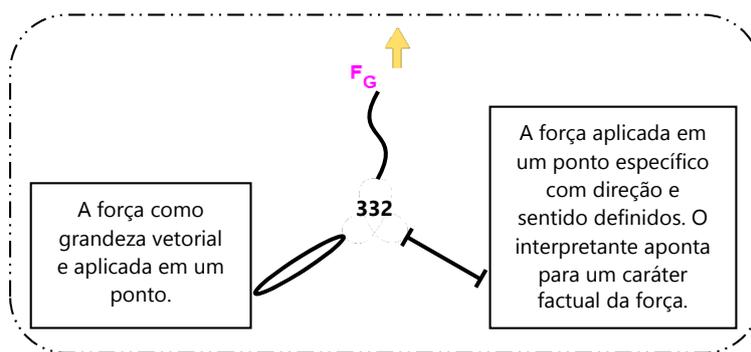
seta e passou a ter uma definição única, vetor, a partir do momento em que foi associada à outra representação. Esta imposição de sentidos do signo  $F_{aplicada}$  sobre a seta, e não o contrário, pode ser explicada pelo fato de que o signo seta tinha objeto e interpretante como possibilidades, diferentemente do signo  $F_{aplicada}$ .

A figura que foi apresentada para a licencianda na sequência gerou o diálogo 14.

	<p style="text-align: right;">14</p> <p><i>L: Força gravitacional para cima, oposta.</i></p> <p><i>E: Oposta, como assim?</i></p> <p><i>L: Uma força que está sendo aplicada para cima.</i></p> <p><i>E: Então isso também é uma força que está sendo aplicada para cima?</i></p> <p><i>L: É.</i></p> <p><i>E: E você consegue identificar que força é essa?</i></p> <p><i>L: Não! A força Gravitacional é para baixo, então não poderia ser.</i></p> <p><i>E: Mas este mesmo <math>F_G</math> apareceu antes e você falou que era força Gravitacional...</i></p> <p><i>L: ... força Gravitacional (ela termina a frase junto comigo). Mas poderia ser uma denominação de um ponto qualquer que eu chamei de G. E agora está mostrando que é uma força que está sendo aplicada nele para cima.</i></p> <p><i>E: Então não seria, necessariamente, a força...</i></p> <p><i>L: ...Gravitacional. Por mais que eu tenha denominado assim antes.</i></p>
--	---

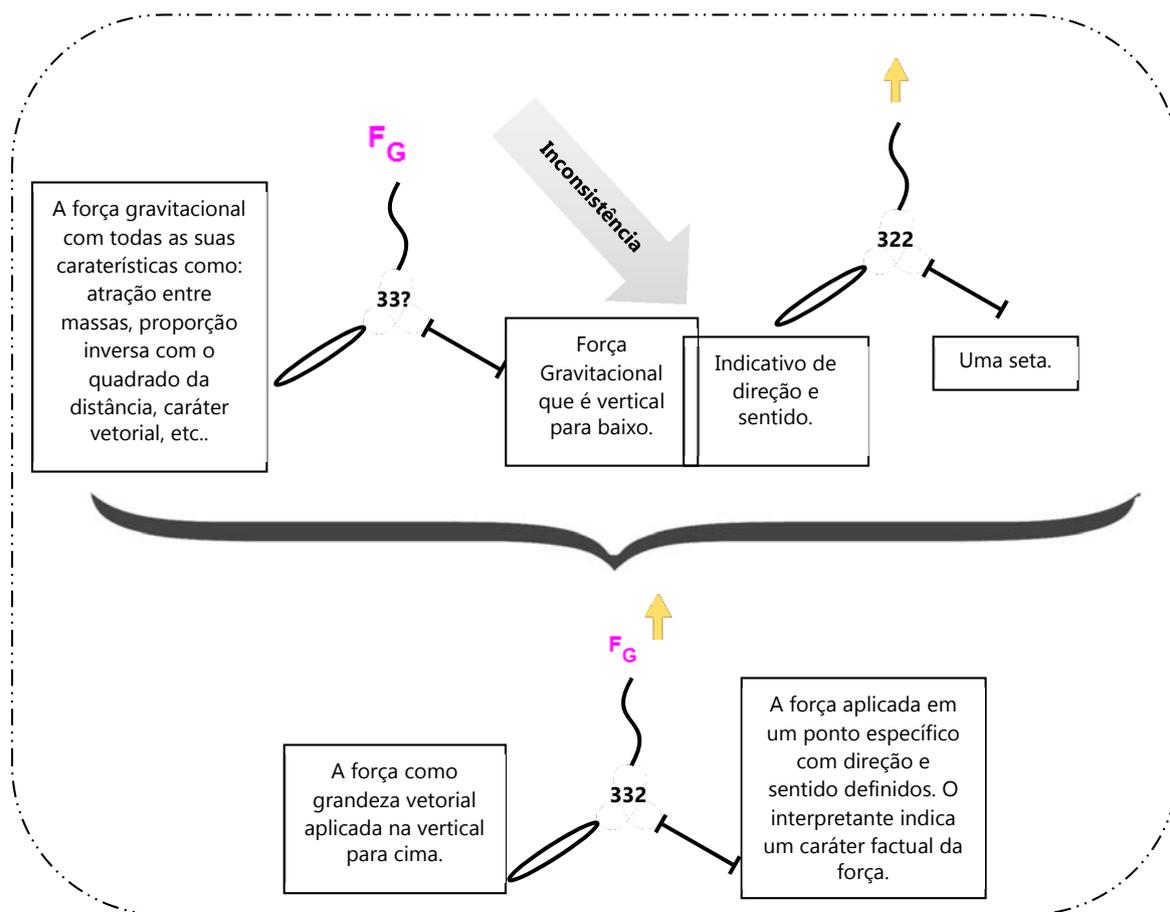
As duas representações do diálogo 14 estão próximas entre si, o que parece ter levado a licencianda a fazer uma conexão entre elas. Luíza não se ateu ao fato de que as duas estavam representadas em cores diferentes. Ou seja, naquele momento, o código de cores não indicou nada para ela. Embora Bodemer, *et al.* (2004) afirmem que código de cores pode ajudar na vinculação de duas representações, nesta situação a licencianda não fez esta associação. Nesta atribuição de sentidos feita pela aluna, percebemos que a integração (proximidade) entre as representações foi mais significativa do que o código implícito de cores.

O signo, mais uma vez, pode ser classificado como um *legissigno simbólico dicente*, uma réplica de um *argumento* (quadro 7.8).



Quadro 7.8 - O signo FG com uma seta

Assim como na situação anterior (quadro 7.7), o novo signo apresentado também é a fusão de dois outros signos que já haviam sido mostrados à aluna. O que diferencia este processo do anterior é que a junção entre os signos precedentes foi diferente. A fusão dos dois signos anteriores em um novo signo gerou uma inconsistência no signo interpretante de Luíza, o que reconhecemos na literatura do Ensino de Ciências como conflito cognitivo (quadro 7.9). O signo  $F_G$ , que isolado tinha como objeto uma força específica: a Gravitacional. Porém, quando integrado com a seta forma um novo signo que tem, como novo objeto, uma força qualquer aplicada em um ponto genérico. Neste caso, o conflito cognitivo fez com que Luíza alterasse o objeto representado na representação. No caso da força aplicada (quadro 7.7) o objeto do último signo era o ponto de ligação com o signo anterior. Nesta integração (quadro 7.9), rompeu-se a ligação entre as representações anteriores (a seta e o  $F_G$ , separados) e a representação final ( $F_G$  e seta, juntos). O interpretante também mudou e se adaptou ao novo objeto. Esta passagem dá indícios da dificuldade de se modificar a compreensão dos estudantes a partir de conflitos cognitivos. Luíza alterou o objeto representado no novo signo, preservando intacto o seu signo interpretante da força Gravitacional como sendo uma força “para baixo”. Esta postura de tentar adaptar o dado às concepções prévias é conhecida no comportamento dos estudantes frente a dados que contrariam suas expectativas (BORGES *et al.*, 2002; CHINN; BREWER, 1998; DUARTE, 2010; DUNBAR, 2000; LIN, 2007).



Quadro 7.9 - A junção entre os signos  $F_G$  e seta em uma situação de conflito cognitivo

A seta, neste contexto, é um signo diferente das setas anteriores, pois ela tem uma relação existencial com o objeto que ela representa. Em outras palavras, a seta indica a direção e sentido como sendo vertical para cima de algo que, de fato, é vetorial e está “vertical para cima”. Esta relação existencial também é interpretada como sendo uma relação de fato, por isso o *legissigno ser indexical dicente*. Acreditamos que esta ligação existencial entre a seta e seu objeto pode ter influenciado na forma como ela significou signo final. Uma vez que a característica que define a seta como um *dicente* (ser algo “vertical para cima”) é a característica do objeto que está inscrita no *representamen* do signo composto.

Neste episódio, houve um duplo movimento de atribuição de sentido. Primeiramente o  $F_G$  determinou que a seta fosse entendida como vetor de força, por mais que isto tenha causado estranheza para Luíza (ela julgou incoerente a força Gravitacional estar para cima). De qualquer forma, criou-se um contexto de interpretação no qual, para ela, a seta deveria ser um vetor de uma força. Este estranhamento fez com que ela alterasse a interpretação de  $F_G$ , deixando de ser força Gravitacional e atribuindo ao G um ponto arbitrário no qual uma força qualquer estaria sendo aplicada. Dessa forma, depois que o contexto foi criado, ele atuou sobre as próprias

representações que o geraram para intervir na atribuição de sentidos. Uma hipótese que levantamos a partir desta percepção é a de que esta sequência de atribuição de sentidos se retroalimenta, ou seja, as representações criam o contexto que lhes atribuem sentidos, estes reconfiguram o contexto, e assim sucessivamente até que o estudante atinja uma estabilidade nas suas concepções, isto é, até que o sujeito não identifique incoerências entre os interpretantes e objetos dos diferentes signos.

A sequência de imagens associadas às falas/diálogos 15, 16 e 17 mostra três representações nas quais as duas primeiras são integradas para construir uma terceira.

	<p><i>L: O boneco está aplicando uma força no arquivo.</i> (15)</p> <p><i>E: Porque você sabe que ele está aplicando uma força?</i></p> <p><i>L: Pelo modo do desenho... eu estou supondo que ele está aplicando uma força.</i></p>
	<p><i>L: Uma seta</i> (16)</p>
	<p><i>L: Ele (o boneco) está aplicando uma força, para a direita.</i> (17)</p> <p><i>E: Porque você concluiu que está aplicando uma força?</i></p> <p><i>L: Porque os dois desenhos estão muito próximos e dá a impressão de que ... (junção de duas representações formando uma só), o boneco está posicionado de forma a empurrar o arquivo (aponta para a direita) e tem a seta apontando para a direita. Então estou supondo que ele está fazendo uma força para a direita.</i></p>

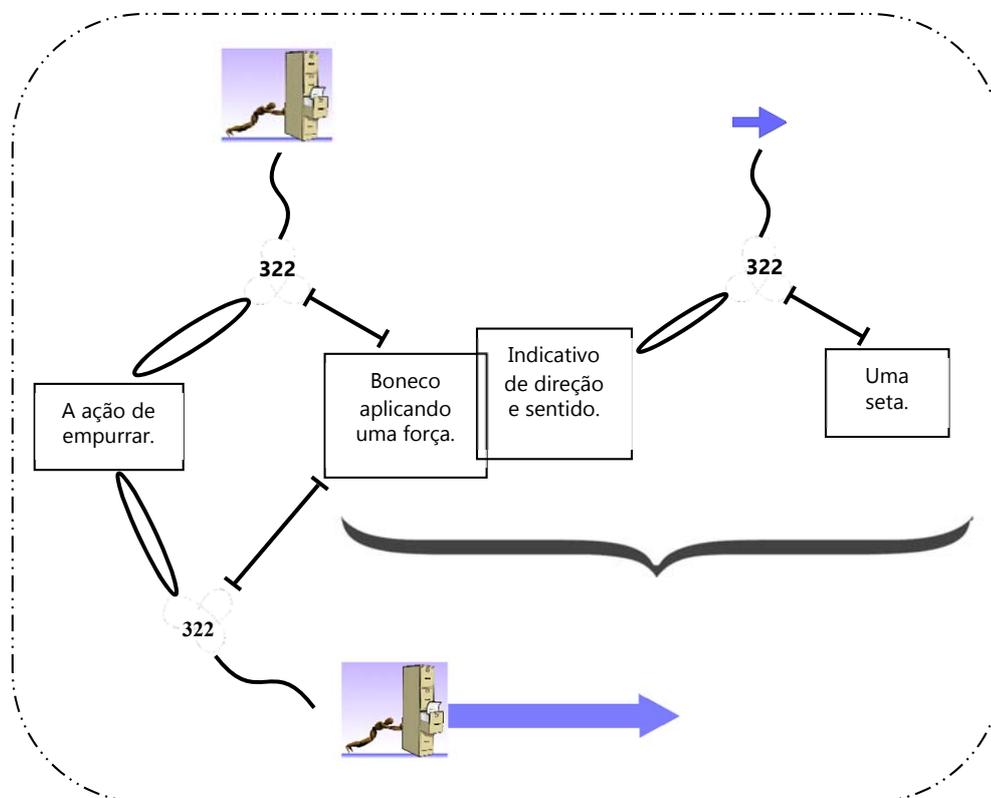
Na fala 15, temos dois signos com características icônicas relevantes. Tanto o boneco quanto o arquivo têm os seus sentidos atribuídos por suas características icônicas isoladamente. Neste caso, o boneco está representando uma figura humana e a postura deste boneco se assemelha à postura humana ao fazer um grande esforço sobre um objeto pesado. No entanto, a figura do boneco com o arquivo junto é um signo diferente daqueles quando se analisa cada um separadamente. Quando se uniu o boneco com o arquivo, o objeto representado não é nem um,

nem outro. O objeto é a ação de um sobre o outro: o boneco empurrando o arquivo. Assim, este signo mais complexo deve ser entendido pelas suas relações preponderantemente existenciais e, por isso, foi classificado como um *legissigno indexical dicente*. Neste caso, a interpretação da licencianda sugeriu uma força feita por alguém (uma representação) sobre algo (outra representação) e, portanto, as duas representações estavam compartilhando diferentes informações (alguém que empurra e algo que é empurrado) na composição da cena. A seta isolada (fala 16), como todas as outras, é um *legissigno icônico*.

A afirmação da licencianda na fala 17, de que o boneco está fazendo força para a direita, foi mais enfática e segura do que a afirmação feita na fala 15. Os signos das falas 15 e 17 têm os mesmos objeto e interpretante. No entanto, a segurança posta na fala da aluna é mais um signo que precisamos interpretar. A fala segura tem como objeto a confiança nas conclusões proferidas por ela. Sendo assim, o acréscimo da seta criou um signo que a remeteu ao mesmo objeto do signo da fala 15, porém o fez com maior ênfase, transmitindo segurança para Luíza.

Ao unir uma seta, não identificada, com o boneco/arquivo formou-se um conjunto de MR que passou segurança para a aluna de que, naquele momento, o boneco estava fazendo uma força (fala 17). Ao ser questionada sobre o porquê da sua interpretação, ela iniciou afirmando que “os dois desenhos estão muito próximos”. Sendo assim, ela uniu o boneco e o arquivo em uma única representação (boneco/arquivo), como forma de relacionar com a seta. Ela não vacilou para afirmar que o boneco estava fazendo força, como ela havia feito na situação anterior. No entanto, nenhuma representação que pudesse fazer com que a aluna atribuísse o significado de força à seta estava presente na tela. Por exemplo, não havia a letra F ou F<sub>aplicada</sub> no slide. A seta, se a considerarmos como um vetor, poderia ser interpretada, por exemplo, como velocidade ou momento linear ou deslocamento. No entanto, acreditamos que a característica icônica do boneco, um signo com características que se assemelham à figura humana fazendo um esforço, promoveu uma interpretação da seta como sendo um vetor de força. As duas representações compartilham a mesma informação de “estar para direita” e, desta forma, a junção entre os signos (boneco/arquivo e seta) permitiu uma interpretação mais completa da situação (quadro 7.10). A forma como Luíza se referiu à ação de empurrar é um objeto que não está inscrito no próprio *representamen*, ainda que haja iconicidade entre o *representamen* e o objeto. Sendo assim, os interpretantes mobilizados por Luíza fazem referência aos objetos *dinâmicos*, ou seja,

ela não se restringe às características recortadas do objeto dinâmico, o que seria uma referência ao objeto imediato deste signo.



Quadro 7.10 - A junção entre os signos boneco/arquivo e seta

Estas foram as últimas imagens com os signos da simulação isolados, ou em pequenos agrupamentos. A parte seguinte da entrevista foi feita com a utilização da simulação e uma discussão sobre o conceito de inércia. Conforme destacado anteriormente, o foco do trabalho que gerou esta entrevista não era o desenvolvimento conceitual, mas a forma como os licenciados lidam com as representações em um ambiente virtual de Ensino de Física durante a explicação de um fenômeno.

A tela inicial da simulação é apresentada na figura 7.1. Vários elementos que foram mostrados isoladamente para Luíza compõem este cenário da simulação.

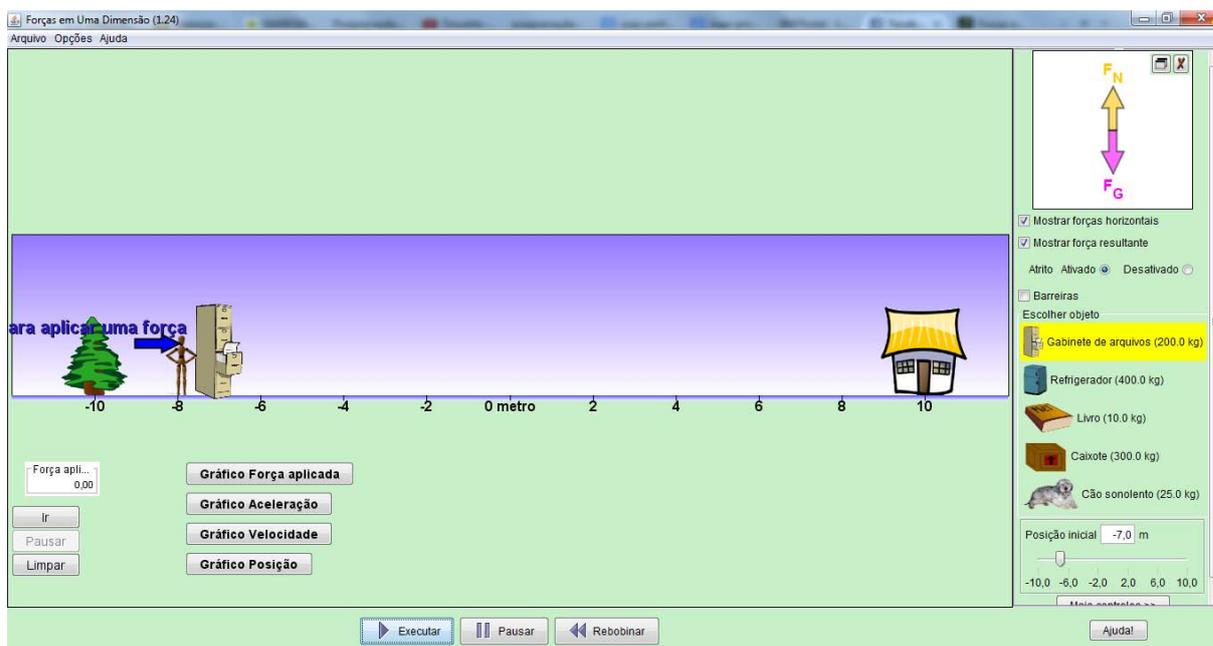


Figura 7.1 - Tela que apareceu para Luíza quando ela começou a trabalhar com a simulação

Iniciei esta sessão da mesma forma que a anterior, perguntando o que ela estava vendo e o que era aquilo. Ela descreveu as representações como sendo os objetos (fala 18).

*L: São diferentes objetos em diferentes posições. Uma árvore está num canto e a casa está em outro. Então são objetos diferentes em posições diferentes, todos parados.*

18

Perguntei se haveria mais alguma coisa chamando sua atenção. Luíza destacou as setas que aparecem no diagrama livre de forças (canto superior direito) como sendo as mesmas que foram vistas anteriormente. Ela voltou a denominar  $F_G$  de força Gravitacional. Perguntei se ela reafirmava que  $F_G$  era Gravitacional e por quê ela voltou a fazer essa denominação (fala 19).

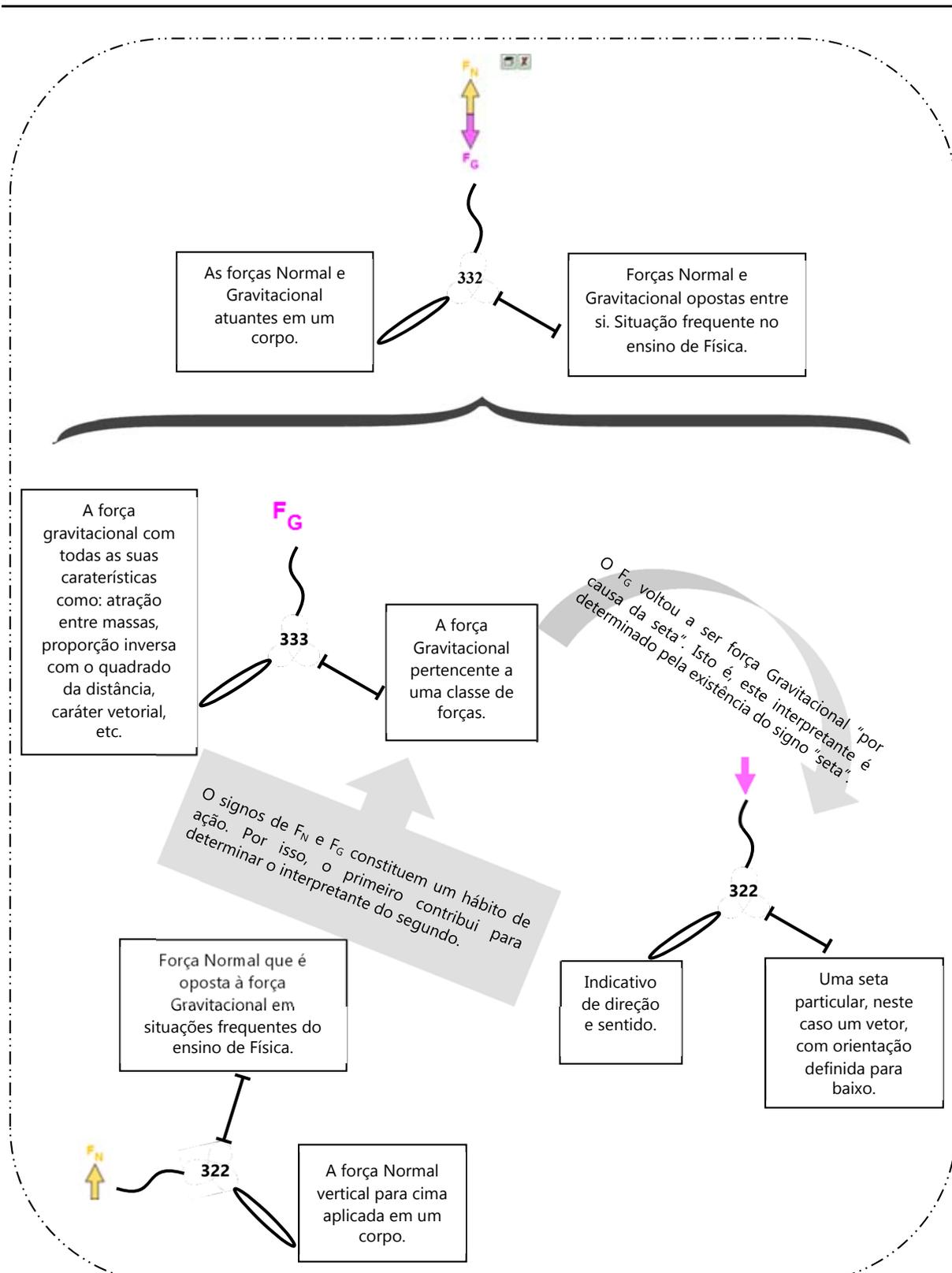
*L: Por causa do sentido da seta. Na outra eu fiquei em dúvida porque a seta estava para cima. Mas com a seta para baixo e a força Normal, que eu suponho que seja a Normal, para cima eu posso afirmar que  $F_G$  é a força Gravitacional.*

19

Nesta passagem identificamos que Luíza apresentou um interpretante *dinâmico no nível lógico*, isto é, ela desenvolveu um hábito de ação na qual identificou as forças opostas com seus devidos indicadores como sendo pertencente a uma classe de situações. Esta relação S-I é entendida como um *dicente*, mas um *dicente* de tipo especial porque é uma réplica de um *argumento*. Além dessa classificação sónica, é interessante perceber como a licencianda desmembrou o signo composto em signos parciais para justificar a vinculação entre  $F_G$  e força Gravitacional.

---

Ainda na fala 19, Luíza indicou que considerava a seta e as letras juntas como uma única representação, uma vez que estão integradas (VAN DER MEIJ; DE JONG, 2006). Nesta ocasião, ela voltou a atribuir ao símbolo  $F_G$  o sentido de força Gravitacional e o fez “por causa do sentido da seta”. Além da seta, outra representação foi importante, para Luíza, na significação do símbolo  $F_G$ : a força Normal. Em suas palavras: “mas com a seta para baixo e a força Normal, ..., para cima eu posso afirmar que  $F_G$  é a força Gravitacional”. Isto evidencia que a força Normal contribuiu para determinar o significado do símbolo  $F_G$ . Ainda que esta definição pudesse estar clara para Luíza pela seta apontando para baixo, o fato de existir uma força Normal em sentido contrário, exemplo muito comum em situações de Ensino de Física, reforçou sua interpretação para a  $F_G$ . A força Normal e a força Gravitacional, em sentidos opostos, estavam compondo um contexto o qual Luíza reconheceu como pertencente à Física. Assim, as representações  $F_G$  e  $F_N$  construíram um contexto, reconhecido pelo hábito de ação, a partir do compartilhamento de informações. Desta forma, as MR construíram um contexto que interferiu na forma de interpretar cada uma das representações, isolada ou conjuntamente (quadro 7.11).



Quadro 7.11 - A divisão do signo anterior em signos que o compõem para explicar o processo de significação

Em seguida, inseri uma força qualquer na simulação, sem rodar a mesma, e a tela se modificou, como se o boneco estivesse empurrando o objeto, surgindo dois vetores sobre o arquivo e dois vetores no diagrama de forças, como mostra a figura 7.2.

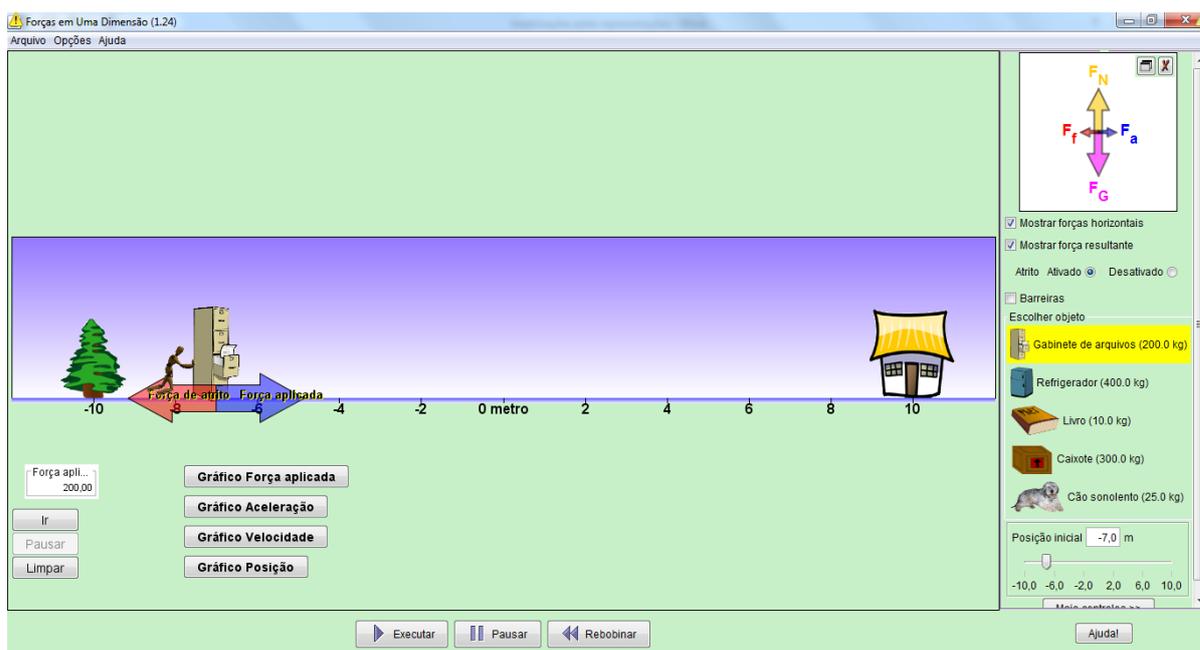


Figura 7.2 - Primeira tela com alguma alteração nos parâmetros do experimento

Depois de uma descrição sucinta de Luíza sobre a nova configuração da tela, aconteceu o diálogo 20.

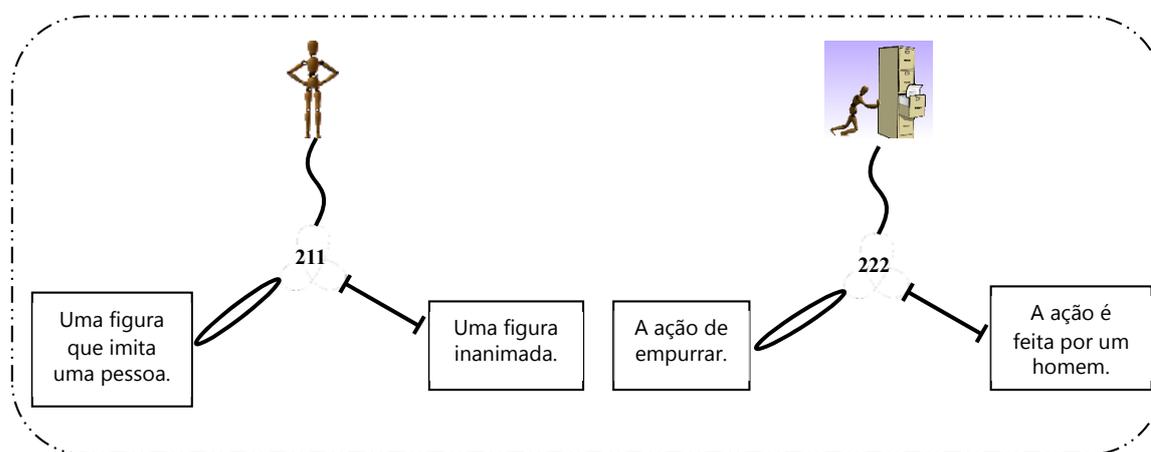
*E: Isso que você está descrevendo para mim está necessariamente vinculado ao contexto? Alguns desses símbolos você identificou, você percebeu que eram os mesmos apresentados no início quando eles estavam fora desta tela. O mesmo símbolo quando apresentado de forma separada e agora dentro deste contexto (o da simulação), você vê sentido diferente para alguns, ou para todos, ou nenhum?*

20

*L: Eu vejo para o boneco, porque ele, solto, era só uma imagem. Agora ele do lado do arquivo ele passa a ser uma pessoa que está aplicando uma força, que está querendo tirar o arquivo do lugar. As setas sem letras, para mim, são só setas mostrando uma direção. Quando você associa com o desenho passa a ter um sentido. A seta amarela, antes era só uma seta apontando para cima, quando você junta com a letra e com o desenho você sabe que é a força Normal que atua no arquivo.*

Nesta fala, Luíza deixou claro que as “setas (estão) mostrando uma direção”, isto é, ela explicitou qual era o objeto do *representamen* seta nas diversas passagens que o signo já tinha aparecido. Além disso, ela explicitou que tinha consciência de que as representações podem ter os sentidos modificados em função do contexto, da relação com outras representações. Ela também deixou transparecer o seu entendimento de que uma interpretação estava limitando a forma de interpretar a outra. Por exemplo, “a seta é só uma seta” passou a ter sentido quando “junta com a letra e com o desenho”. Outro ponto de destaque neste trecho foi a humanização do “boneco” em função do contexto. O boneco em ação sobre a representação de um arquivo,

se assemelha a um ser humano e ela passou a se referir a ele como um homem empurrando o arquivo. Em termos de classificação signica, o boneco deixou de ser um *sinsigno icônico* (211) para ser um *sinsigno indexical dicente* (222). O caráter icônico do boneco é muito forte e trouxe a figura de um homem para a simulação, isto é, ela criou um vínculo direto entre a representação e o mundo que pode ser mobilizado por esta representação. No entanto, a conexão entre a representação e algo fora dela foi o que chamou a atenção no discurso de Luíza e isso ficou evidente quando ela afirmou que o boneco “era só uma imagem, (...) e passou a ser uma pessoa”. Por isso, ainda que com forte apelo icônico, a relação S-O preponderante é a indexical (quadro 7.12). Outra modificação ocorreu com a forma como ela se referiu ao objeto do signo. No primeiro, ela está restrita às características destacadas pelo objeto imediato, e no segundo ela extrapola a referência para o objeto dinâmico.



Quadro 7.12 - Mudança de classificação signica de "boneco" para "pessoa"

Outra conexão feita por Luíza foi associar a força Normal com a seta e o arquivo. É interessante perceber que esta união entre os diferentes signos foi proposta pela licencianda, pois não havia o vetor da força Normal sob o arquivo, ver figura 7.2. Ela apontou para a seta amarela com o  $F_N$  e, com gestos, indicou uma união com o arquivo. Quando “deslocou” a força Normal para cima do arquivo, ela modificou a condição do signo da força Normal. Isto é, a força Normal era um *legissigno argumental*, pois representava uma classe de situações reconhecidas em um hábito de ação. Ao deslocar, imaginariamente, a seta amarela com o  $F_N$  para o arquivo, ela transformou este signo em um *legissigno simbólico dicente*, mas um tipo especial de dicente por ser réplica do argumento. Ela mostrou ter um interpretante da força Normal em *nível lógico*, podendo mobilizá-lo em diferentes situações, inclusive deslocando-o mentalmente através da tela.

O forte vínculo entre o boneco e os outros signos que remetem ao mundo por características icônicas, como a casa e a árvore, pode também ser observado no diálogo 21, na qual a licencianda afirmou que as representações do armário e da casa só teriam sentido se estivessem interagindo com o boneco. Ainda que o armário e a casa também sejam signos *indexicais* com fortes características icônicas, a visão antropocêntrica do mundo indica que o agente da ação da força é o homem. Sendo assim, não é estranho supor que a aluna tenha atribuído alguma função a outros objetos icônicos a partir dessa visão antropocêntrica (diálogo 21).

*E: Então você percebe que estes símbolos/elementos que você vê neste contexto na tela podem ter um sentido diferente do que isoladamente.*

21

*L: Isso.*

*E: Mas todos eles?*

*L: Por enquanto o arquivo, e os outros estão simplesmente compondo a imagem. Mas se o boneco estivesse do lado da casa, aí a casa teria sentido e o arquivo perderia.*

*E: Então a casa não tem sentido para você?*

*L: Enquanto está parado não. O mesmo pode dizer da árvore.*

No diálogo 22, Luíza explicitou como ela percebia os papéis que as representações cumprem na integração das MR.

*E: Por exemplo, você falou que a seta é apenas a seta, mas quando você coloca a letra adquire um outro sentido para você. Então, qual é o objetivo/papel/sentido que existe de um elemento junto com outro para criar esta interpretação. “Olha, se eu juntar dois símbolos eles cumprem um papel, um objetivo...” Você consegue identificar isso?*

22

*L: A seta com as letras, eu estou denominando as setas. Para mim, ele dá sentido para alguma coisa.*

*E: Então ele dá sentido para um elemento que a princípio não teria sentido?*

*L: Isso. Ou então para algo que até então não tinha sido identificado. Por exemplo, este desenho é só um desenho, eu não consigo ver nada (se referindo à tela do computador como indicado na figura 7.2). A partir do momento que eu coloco uma seta, por exemplo, em cima do arquivo, eu estou falando que esta força Normal é do arquivo e ela está para cima. Ou se eu coloco a seta em cima do boneco eu falo que a força Normal é do boneco e aponta para cima. Por exemplo, aquele desenho lá no início que tinha força Gravitacional e a seta para cima. Então passa a ter significado aquilo, por mais coerente ou incoerente que seja.*

*E: Mesmo que seja algo que você acha incoerente, o fato de eu ter uma FG que te leva a crer que é uma força Gravitacional e uma seta para cima isso te dá a percepção de que um está dando sentido para o outro. Mesmo que isso seja incoerente.*

Os trechos em negrito são sentenças que foram ditas simultaneamente pelo entrevistador e pela aluna. O que ficou mais evidente no diálogo 22 é que Luíza fez a junção de duas representações e, de tal forma, que uma deu sentido à outra. Ainda que esta interpretação pareça incoerente, a conexão entre elas é imposta pelas fortes relações contextuais do Ensino de Física, como ocorreu entre os signos  $F_G$  e seta. Isto quer dizer que integrar diversas representações construiu um novo signo para a licencianda. Todo signo tem um *representamen*, um objeto e um interpretante e nesta conexão entre os três elementos da tríade há uma atribuição de sentidos, por mais que pareça incoerente. Naturalmente, a licencianda tentou encontrar uma forma de lidar com esta incoerência e, no caso da força Gravitacional com a seta para cima, ela modificou o objeto do signo para eliminar a contradição que ela supunha existir.

Ainda na fala 22, Luíza integrou mentalmente os dois elementos e expressou seus pensamentos da seguinte forma: “a partir do momento que eu coloco uma seta, por exemplo, em cima do arquivo, eu estou falando que esta força Normal é do arquivo e ela está para cima.”. Em um primeiro momento, ela se referiu a uma seta. Quando esta seta foi integrada ao arquivo (“a partir do momento que eu coloco uma seta ... em cima do arquivo”) ela passou a ter um sentido diferente no discurso da aluna (“estou falando que esta força Normal é do arquivo”). Dessa forma, a integração da seta com o arquivo levou a aluna a atribuir à primeira um objeto diferente do que ela tinha.

Na fala 23, mais uma vez, ela reforçou a ideia de atribuição de sentido, ainda que isto possa não ser coerente com o esperado.

*L: Porque se você for olhar para a parte prática aquilo pode ser um dado errado, ou uma leitura errada. Mas ele está dando um significado a um resultado seu, está mostrando um resultado que você teve.*

23

Em seguida, perguntei sobre a força Normal (início do diálogo 24). Durante a pergunta eu estava apontando para o diagrama de forças que tinha, além da Normal, a força Gravitacional, a força aplicada e o atrito.

*E: Você consegue vincular esta força Normal a algum outro objeto da simulação?*

*L: Todos eles têm força Normal.*

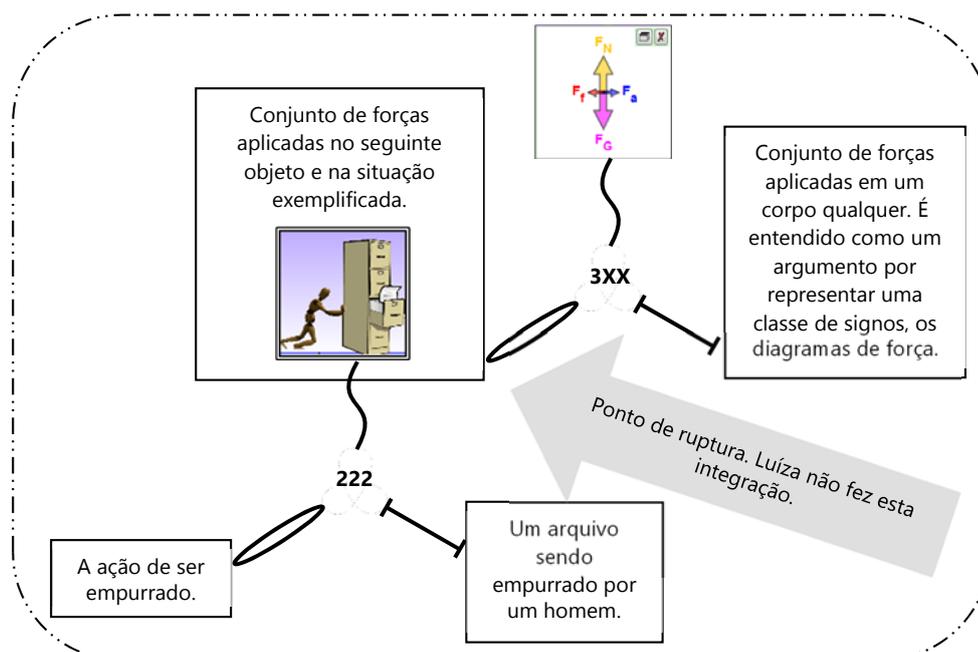
*E: Então isso aqui (indicando o diagrama de forças) não te diz especificamente nada?*

24

*L: Diz aí que o tamanho da força Normal, não sei em qual ele está fazendo esta referência, e que a força Normal parece ser a mesma da força Gravitacional pelo tamanho da seta. A mesma coisa a força de atrito e a força aplicada que parece estar do mesmo tamanho.*

Neste diálogo (24), estávamos discutindo sobre o diagrama livre de forças que fica explícito no canto superior direito da tela, deslocado da própria simulação. Quando questionei Luíza sobre a força Normal, eu destaquei aquela força Normal naquele contexto, e não uma força Normal de forma genérica. Considerando as forças atuantes nos diferentes objetos que compunham a cena naquele instante, o conjunto de vetores representava o diagrama de forças que atuavam sobre o arquivo. Luíza retirou a força Normal do contexto, isto é, do diagrama de forças, e falou que poderia ser de qualquer objeto. Ainda assim, ela indicou explicitamente não saber a qual objeto a força estaria sendo aplicada. De fato, a  $F_N$  isoladamente não permite que saibamos a qual objeto ela se refere. No entanto, integrada às outras forças, no diagrama multirrepresentacional, é possível fazer esta identificação. Luíza fez a integração entre as forças ao comparar os tamanhos das setas, mas não trasladou esta interpretação do diagrama de forças para o ambiente de simulação. Sendo assim, temos indícios de que a separação visual entre os vetores de força e o arquivo dificultou a conexão entre as representações, conforme discutido por van der Meij e de Jong (2006).

Para uma compreensão adequada da cena, os signos precisariam estar conectados de tal forma que o arquivo seria uma parte do objeto do diagrama de forças, como indicado no quadro 7.13.



**Quadro 7.13 - A junção de dois signos que estão distantes entre si na tela da simulação**

Neste caso (quadro 7.13), ficou explícito que o *representamen* de um signo é parte do objeto de outro signo. O fato de Luíza enxergar o diagrama de forças como pertencente a uma classe geral de signos e não como um caso particular de aplicação (um dicente que é réplica do argumento) nos ajuda a entender porque os signos estavam desconectados para ela. Isto é, enquanto o boneco empurrando o arquivo era um caso factual, o diagrama de forças era um signo argumental e, desta forma, não haveria conexão entre eles. Por isso, não foi possível apresentar a classificação sígnica do diagrama de forças, uma vez que, pela regra de qualificação explicitada por Savan (1976), um índice não pode ter um argumento como interpretante.

Resumindo um pouco a conversa com Luíza, sintetizei como mostrado no diálogo 25.

*E: A gente conseguiu ver que ao juntar um com o outro..., ou seja, um elemento sozinho não cumpre o mesmo papel quando eu junto dois.*

*L: Isso. Um sozinho não dá o significado preciso.*

25

Portanto, a licencianda concordou que MR, quando integradas, produzem um significado diferente do que possuem quando isoladas.

Depois de discutir sobre representação, sem forçar o surgimento dessa palavra durante a entrevista, optei por, nesse momento, favorecer a explicitação do que a aluna entendia por representação (diálogo 26).

*E: O que é representação?*

*L: É algo que você não pode ver, mas você consegue um símbolo para ele. Por exemplo, você não consegue enxergar a força Normal, você dá um símbolo para ela. Você fala que a setinha para cima vai representar agora a força Normal.*

*E: É uma maneira de tornar visível aquilo que você não vê?*

*L: Isso.*

*E: Tudo bem, você está dizendo que o símbolo vai representar algo que não está visível. Mas o que é representar?*

*L: A gente sabe que tem uma força, eu sei que ele está aplicando uma força no arquivo. Então eu estou usando a seta, por exemplo, para demonstrar o sentido daquilo... Se eu tirasse este desenho (boneco, arquivo e contexto da simulação) e olhasse apenas para o símbolo (diagrama de forças), essa representação me diria algo, me daria informações. Então essa representação também serve como resultado, mostrar resultado. Não precisa, necessariamente, desenhar o arquivo para você conseguir identificar o que está acontecendo. Você, ao invés de desenhar o arquivo, faz uma representação dele em forma de setas... Representar é você conseguir substituir. Para ficar mais fácil o desenho, ficar*

26

*mais fácil o entendimento, dar mais informação. Igual o arquivo sem a seta, você não sabe que está aplicando força. A representação às vezes vai melhorar um estudo...*

*E: Então representar é substituir. Então quando eu uso uma representação, eu estou fazendo uma substituição de algo por aquele símbolo, aquela representação.*

*L: Que às vezes vai te dar muito mais informação do que o original.*

No diálogo 26, Luíza explicitou seu significado para representação. Segundo Stieff *et al.* (2011), historicamente, mudanças na forma de representar determinados fenômenos já resultaram em avanços no conhecimento. Assim, ao escolher a forma de representar uma entidade ou fenômeno, estamos escolhendo aspectos específicos que queremos enfatizar e isso pode modificar a forma como enxergamos a própria entidade ou fenômeno. Neste sentido, quando Luíza afirmou que uma representação “às vezes vai te dar muito mais informação do que o original”, ela parecia estar enfatizando características do original que julgava relevantes e as destacando do todo. Assim, para ela, representar seria encontrar algo que substitua o original e que destaque as características relevantes ao processo.

Além desta visão do significado de representar, segundo Miller (2000, p. 22), as representações “tornam alguns processos cognitivos mais acessíveis”. Neste sentido, Luíza também estaria indicando que uma representação pode fornecer mais informações do que o original, pois permite acessar cognitivamente algumas relações presentes no mundo.

Depois dessa discussão fiz, com a aluna, uma pequena revisão conceitual sobre inércia, lembrando que o objetivo posto para ela era o de explicar este conceito utilizando a simulação. Além de debater sobre a 1ª Lei de Newton, mostrei também as diferentes funcionalidades e opções de representação que o programa possibilita. Dentre outros, mostrei explicitamente o gráfico de força com os valores que aparecem escritos no gráfico. Este gráfico foi utilizado com frequência pela aluna e, para melhor entendimento do leitor, um modelo dele pode ser visto na figura 7.3.

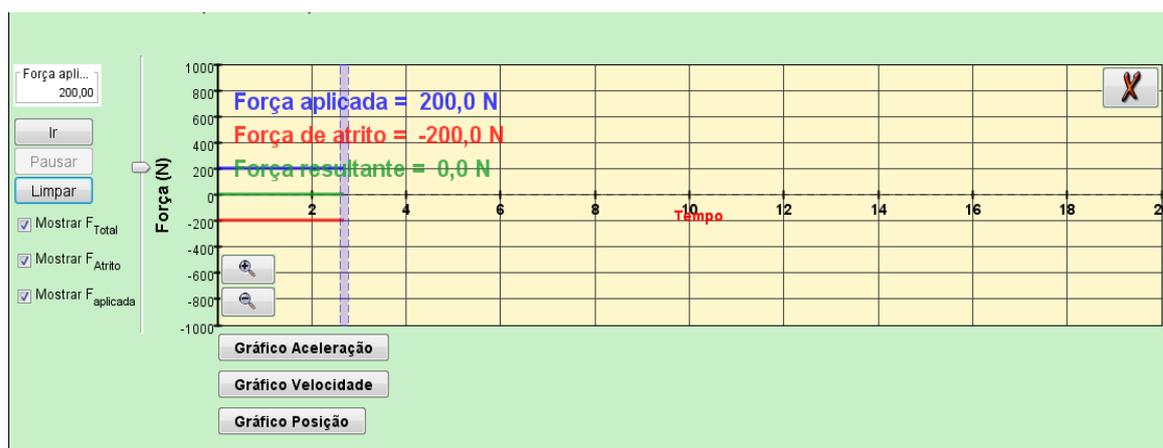


Figura 7.3 - Parte da tela com os comandos controlados pela licencianda, destaque para o gráfico de forças

Logo depois de eu mostrar as funcionalidades da simulação, a aluna assumiu o controle do computador e tentou deslocar o arquivo variando o valor da força. Para isso, ela utilizou a caixa de diálogos que permite a inserção de valores para a força aplicada. Depois de algumas tentativas sem conseguir deslocar o objeto, Luíza perguntou se o objeto ia andar. Respondi que não sabia e perguntei o que ela achava. Então, ela abriu a janela do gráfico de força da simulação. Seguiu-se o diálogo 27.

*E: Você pediu para ver o gráfico. Por quê?*

27

*L: Para eu ver que informação o gráfico vai me dar.*

*E: E que informação que ele te deu que acrescentou ao que você já tinha pensado antes?*

*L: Que a força resultante está dando zero.*

*E: Isso você não tinha antes?*

*L: Tinha, porque eu sabia que o objeto não estava movimentando, então eu sabia que a força resultante era zero. Eu tenho que aplicar uma força que vai fazer com que a força resultante seja maior. Então para isso eu tenho que levar em consideração o atrito.*

A licencianda apresentou a concepção de que a força resultante é zero em um corpo em equilíbrio estático. Esta é uma conclusão que foi obtida a partir da não movimentação do objeto. Portanto, este foi um signo para ela. Luíza, no entanto, precisou de outra representação, no caso o valor expresso no gráfico, para confirmar uma informação que ela afirmou já dispor. Neste sentido, o valor expresso cumpre um papel de reafirmar uma informação repetida, não como forma de compartilhamento de informações, mas como confirmação de uma informação previamente obtida (figura 7.4).

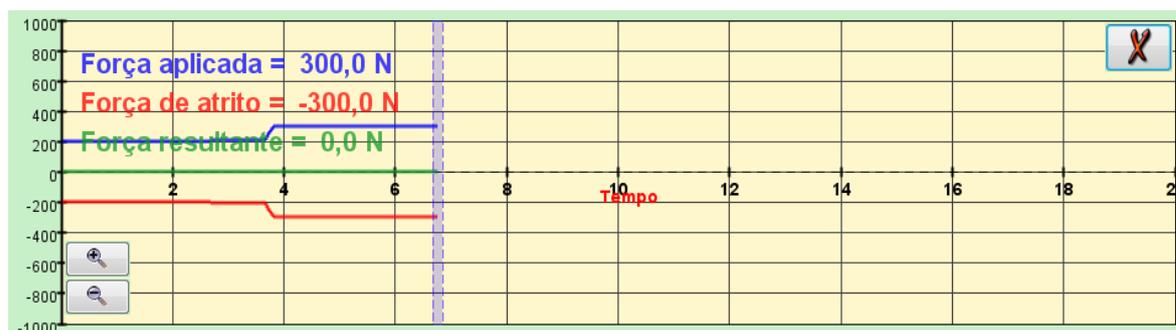
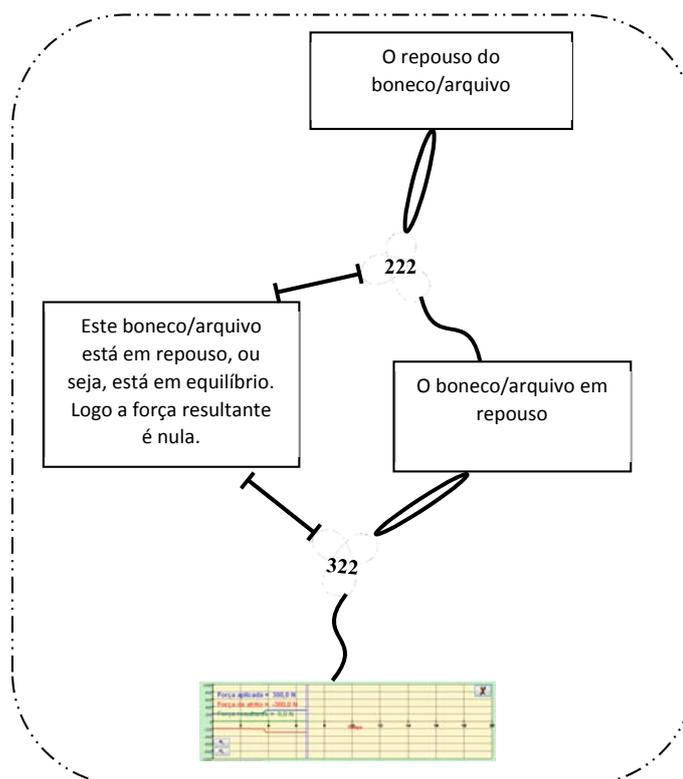


Figura 7.4 - Gráfico utilizado por Luíza para confirmar a informação de equilíbrio

Na construção do conhecimento, por vezes é necessário ter a mesma informação por diferentes fontes a fim de que o aluno tenha confiança nos resultados e afirmações que está fazendo. Naquele contexto, Luíza pareceu procurar outra forma de representar para confirmar suas conclusões e se certificar de que não estaria fazendo nada errado na simulação.

Para fazer esta confirmação, Luíza utilizou, em dois signos diferentes, três elementos comuns: (i) o repouso do boneco/arquivo; (ii) o equilíbrio como indicação de força resultante nula; e (iii) a força resultante ser nula. Os dois signos utilizam estes mesmos três elementos, mas neles há uma variação de posição entre objeto e *representamen*. Porém, o interpretante é o mesmo para os dois. Supomos que, como a ideia é a de confirmar uma informação, os dois signos possam ter o mesmo interpretante ou uma ampliação, visto como uma tendência ao interpretante final, de um mesmo interpretante. No primeiro signo, o *representamen* é o repouso do boneco/arquivo, pois a afirmação (“eu sabia que o objeto não estava movimentando, então eu sabia que a força resultante era zero”) indica que o repouso do boneco/arquivo indicava, para ela, que naquele momento a força resultante sobre o corpo era zero. Por outro lado, o gráfico representa as relações de força existentes durante o movimento do boneco/arquivo na simulação. Portanto, movimento do boneco/arquivo é o objeto do *representamen* gráfico (quadro 7.14).



Quadro 7.14 - A junção entre dois signos de forma a um confirmar a informação do outro

O primeiro signo é um *sinsigno*, pois o repouso do boneco é um signo existente, um fato. Já o gráfico é um *legissigno*, pois a forma como o seu traçado promove significação é convencionalizada. Nos dois casos, a relação S-O é *indexical* e a S-I é *dicente*, ou seja, o signo só representa o objeto porque é afetado por este objeto e o interpretante tem um caráter factual e existente com o objeto, não extrapolando a interpretação para uma classe de situações.

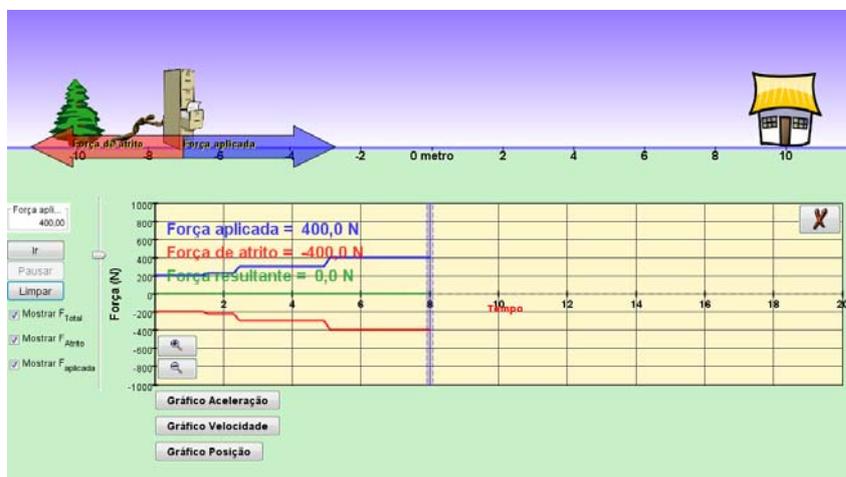
Ainda no final do diálogo 27, Luíza introduziu a força de atrito na discussão. Embora ela não tenha falado que utilizou essa força, ela afirmou que para deslocar o objeto seria necessário “levar em consideração o atrito”. Como esta informação está explícita no gráfico, supomos que ela a tenha usado para definir uma estratégia de ação, pois a força aplicada pelo boneco teria que ser maior do que o atrito sobre o arquivo. Essa suposição se reforça (i) no início do diálogo 28 quando ela afirmou, com certo espanto: “eu estou aumentando a força aplicada e está aumentando a força de atrito??!!” e (ii) no final desse mesmo diálogo, quando ela afirmou que a força de atrito estava aumentando com base na informação do gráfico.

L: *Eu estou aumentando a força aplicada e está aumentando a força de atrito??!!*

E: *Porque você falou que está aumentando a força aplicada e está aumentando a força de atrito? O que ...*

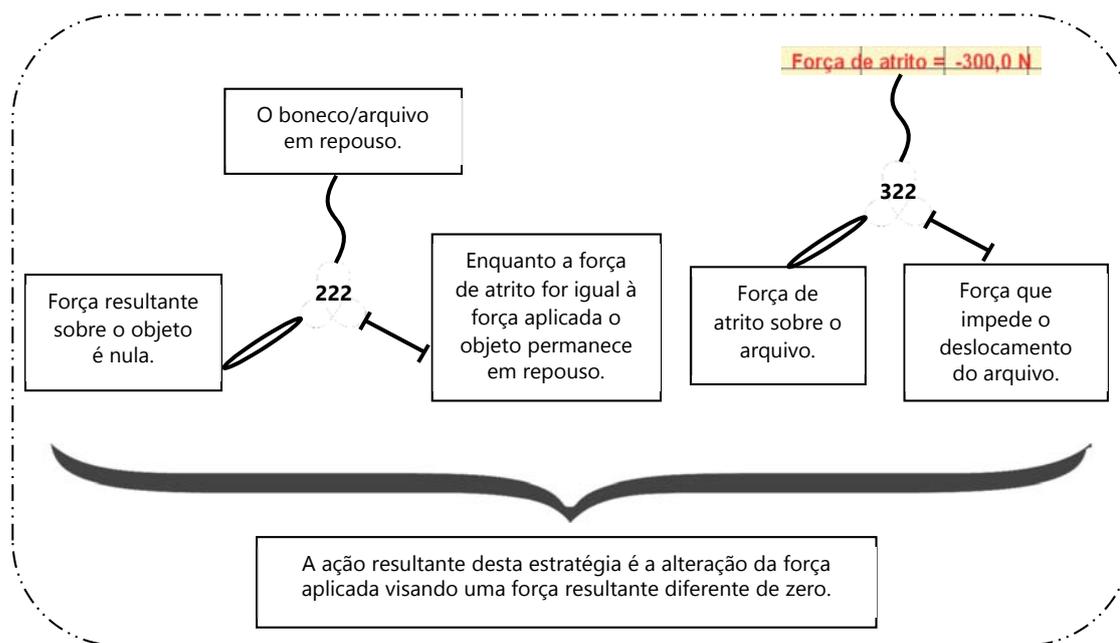
*L: As setas estão aumentando juntas e o próprio gráfico está me dando isso.*

A figura 7.5 mostra a tela à qual a aluna se referiu enquanto ocorria o diálogo 28.



**Figura 7.5 - Tentativa de retirar o objeto do repouso aumentando a força aplicada**

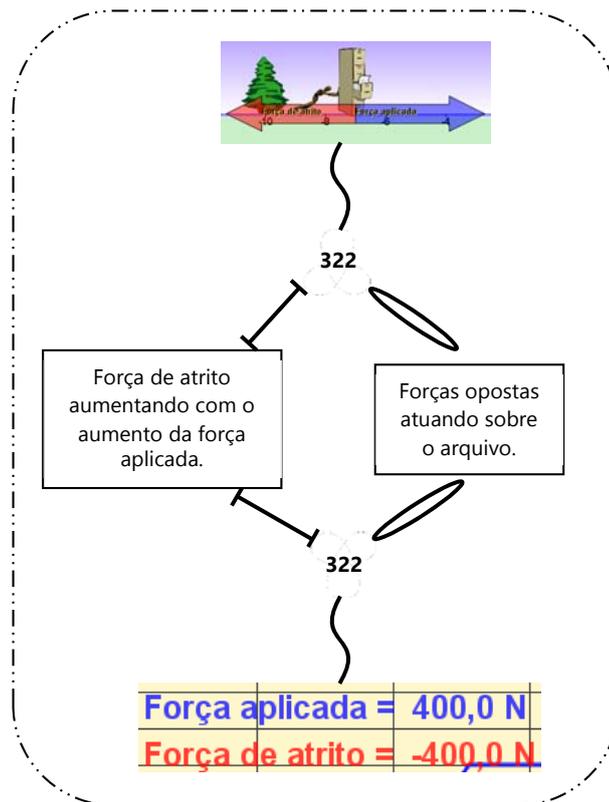
Luíza estava se referindo aos vetores desenhados sobre o arquivo e aos valores escritos no gráfico e não às linhas do gráfico. Tal fato foi evidenciado por ela ter apontado na tela para os valores ao invés de para a linha do gráfico. Portanto, para afirmar que a força de atrito estaria aumentando, ela teria que estar atenta ao valor anterior e ter guardado este número na memória. Assim, parece que ela utilizou a informação do valor da força de atrito para definir o próximo valor de força aplicada que ela iria colocar na simulação, a fim de tirar o objeto do repouso. Desta maneira, os dois signos, ainda que sejam utilizados como forma de definir uma estratégia, não estão integrados por nenhum elemento, como pode ser visto na análise sígnica (quadro 7.15)



Quadro 7.15 - Dois signos construindo uma estratégia de ação

Luíza afirmou que a força aplicada e a força de atrito aumentavam juntas quando ela aumentava o valor na caixa de diálogos. Ela disse, explicitamente, que tanto os vetores aumentavam quanto o gráfico se alterava. Embora a aluna falasse do gráfico, ela apontava para o valor expresso no gráfico e não para as linhas do gráfico. Além disso, ela utilizava duas formas de representar (os vetores e os números expressos), de tal forma que uma corroborava a informação obtida pela outra. Novamente não houve um acréscimo de informações, mas um reconhecimento de que a mesma informação era obtida por duas formas de representação distintas. Ou seja, se uma forma de representar fornecia uma interpretação e outra forma de representar fornecia a mesma interpretação, então a conclusão obtida estava, a princípio, correta.

Nesta integração sígnica (quadro 7.16), há o mesmo objeto e interpretante para dois *representamens* diferentes. No entanto, não há a troca de posições entre objeto e *representamen* como ocorreu, por exemplo, na situação descrita no quadro 7.14. Os dois signos apresentam a mesma classificação, são *legissignos indexicais dicentes*.



Quadro 7.16 – Uma nova junção entre dois signos para confirmar a informação do outro

Na sequência, aconteceu uma discussão sobre o conceito de inércia e sobre como colocar o objeto em movimento. Em seguida, ela aumentou muito o valor da força aplicada pelo boneco sobre o arquivo. Assim, as setas de força aplicada e atrito se modificaram e apareceu uma seta verde, acima do objeto, que representava a força resultante (figura 7.6).

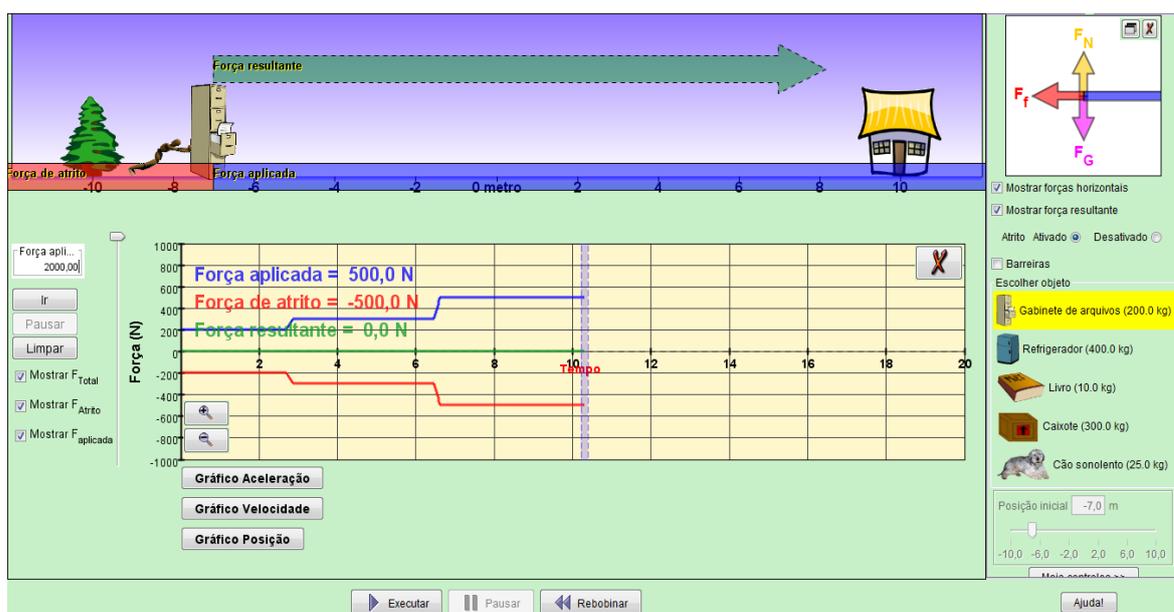


Figura 7.6 - Tentativa de colocar o objeto em movimento com aumento substancial da força aplicada

Na figura 7.6, pode-se observar que o valor expresso no gráfico para a força aplicada é de 500N e a linha do gráfico corresponde a este mesmo valor. No entanto, o valor inserido pela aluna na caixa de diálogos é de 2000N e os vetores no desenho já têm tamanhos compatíveis com o valor da caixa de diálogos. Isto ocorreu porque a aluna alterou o valor da força, apertou a tecla “enter”, mas não rodou o experimento (não apertou o botão “ir”). Este procedimento gera uma diferença nas representações expostas. O gráfico só se atualiza quando o movimento de fato acontece, ou seja, depois de apertar o botão “ir”. Isto reforça a característica indexical do gráfico como *representamen* da simulação, ou seja, se o movimento não ocorreu (isto é, não há o fato), não há porquê alterar o *representamen*.

A licencianda se espantou com a modificação da tela e, antes de rodar a simulação, ocorreu o diálogo 29.

*L: Não mudou.*

*L: O que eu estou fazendo de errado?*

*E: Mudou alguma coisa?*

*L: Mudou.*

*E: O que mudou?*

*L: As minhas representações aqui em cima (aponta para a parte superior da tela).*

*E: E elas te dizem alguma coisa?*

*L: Sim.*

*E: O quê?*

29

A primeira fala da aluna, “não mudou”, foi um murmuro, como se ela estivesse pensando alto, mas sem intenção de comunicar seu pensamento. Como discutido em relação à figura 7.6, há um descompasso de informação entre a representação da simulação e a do gráfico. No entanto, Luíza não demonstrou ter percebido isso e mencionou apenas a alteração na representação pictórica.

Ao final do diálogo 30, a aluna rodou a simulação e o objeto começou a se mover (figura 7.7).

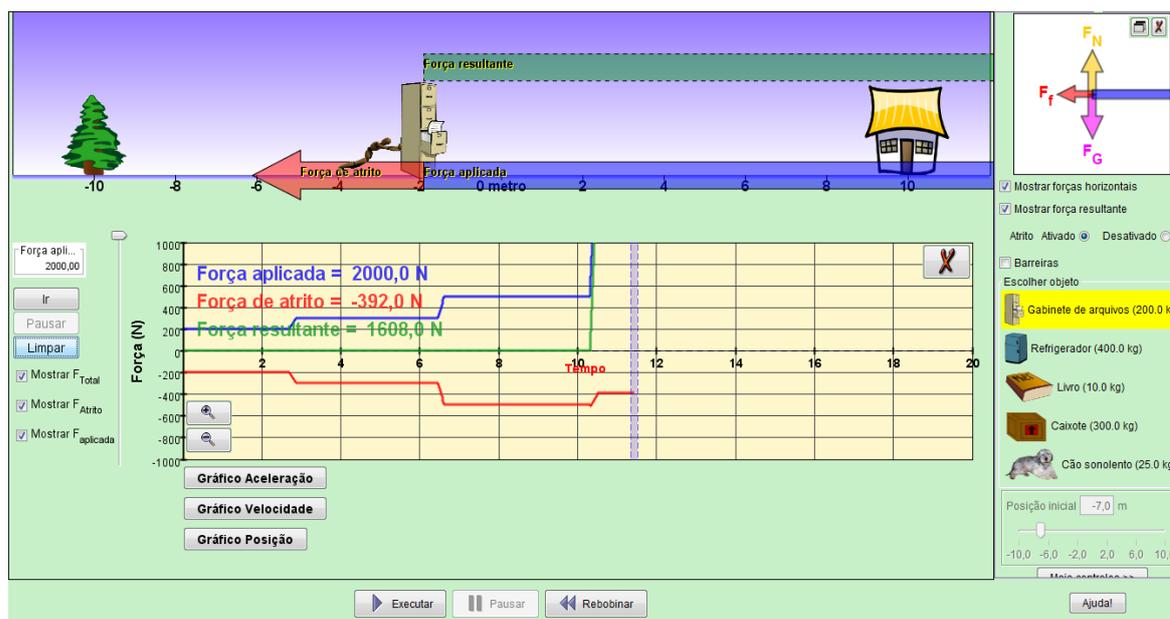


Figura 7.7 - Imagem da tela com o objeto em movimento

Solicitei que ela desse uma pausa para conversarmos sobre o que estava sendo visto. A resposta de Luíza (fala 30) à última questão colocada no diálogo 29, indica que ela estava se atendo às representações pictóricas (desenhos e vetores), sem fazer menção à força resultante expressa no gráfico.

L: *Antes eu não tinha força resultante aqui em cima e agora eu tenho força resultante.* (30)

O final deste episódio (diálogo 31) indica que Luíza percebeu o motivo que gerou o descompasso entre suas expectativas e aquilo que ocorria na simulação.

E: *Mas a primeira coisa que você falou foi: 'não mudou nada', quando você modificou o valor.* (31)

L: *Ah, eu falei que não mudou nada porque eu não tinha apertado o iniciar e eu não vi movimentando. Mas com relação aos significados variou. Minha força aplicada aumentou muito, a força de atrito manteve constante, apareceu uma força...*

E: *Manteve constante?*

L: *Não ela diminui. Eu estou vendo aqui (aponta para os números expressos no gráfico, não para as linhas do gráfico) porque pelo desenho não aparece.*

L: *E apareceu uma força resultante. Quando eu coloco aqui 200... Uai, porque continua?*

O episódio narrado entre as falas/diálogos 29 e 31 ocorreu em função do descompasso na atualização das representações. As representações dos vetores se atualizaram com os valores inseridos pela licencianda na caixa de diálogos, mas a representação do boneco/arquivo não se

atualizou. Isso gerou uma confusão para ela que, inicialmente, acreditou estar fazendo algo errado. A licencianda reconheceu as alterações dos vetores na tela, mas esperava que o boneco/arquivo se deslocasse. Como o conjunto não se deslocou, ela se surpreendeu: “o que eu estou fazendo de errado?”.

No final da fala 31, Luíza se espantou com o fato de ter reduzido o módulo da força para um valor (200N por escolha da aluna) que, no início, não foi capaz de retirar o objeto de repouso. Porém, como o corpo já estava em movimento, ele não parou imediatamente e isso pareceu surpreendê-la. No entanto, apareceu uma força resultante contrária ao sentido do movimento, uma vez que a força feita pelo boneco era menor do que a força de atrito cinético e, conseqüentemente, o corpo não estava numa situação de equilíbrio. A licencianda percebeu que o corpo já estava em movimento e rapidamente propôs, sem qualquer intervenção, uma explicação para o ocorrido.

*L: O corpo já estava em movimento, já tem aceleração.* 32

Neste momento Luíza abriu a janela do gráfico de aceleração, que estava oculta (a tela ficou como indicado na figura 7.8), analisou o gráfico e, em seguida, fechou a janela.

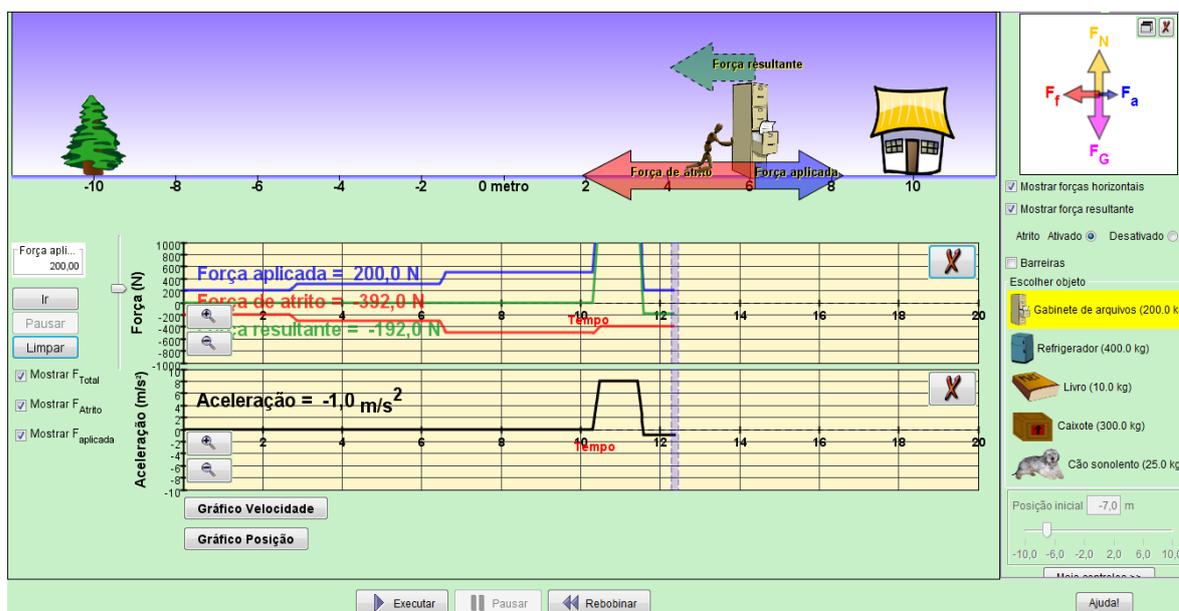


Figura 7.8 -- Objeto em movimento com os gráficos de força e aceleração abertos

Percebendo que a licencianda abriu o gráfico de aceleração, iniciei um diálogo (33) a fim de entender os motivos que a levaram a solicitar informações através desta nova representação.

*E: O que você fez ali no gráfico de aceleração. Você abriu o gráfico de aceleração para ver o quê?*

33

*L: Para ver como estava a aceleração dele.*

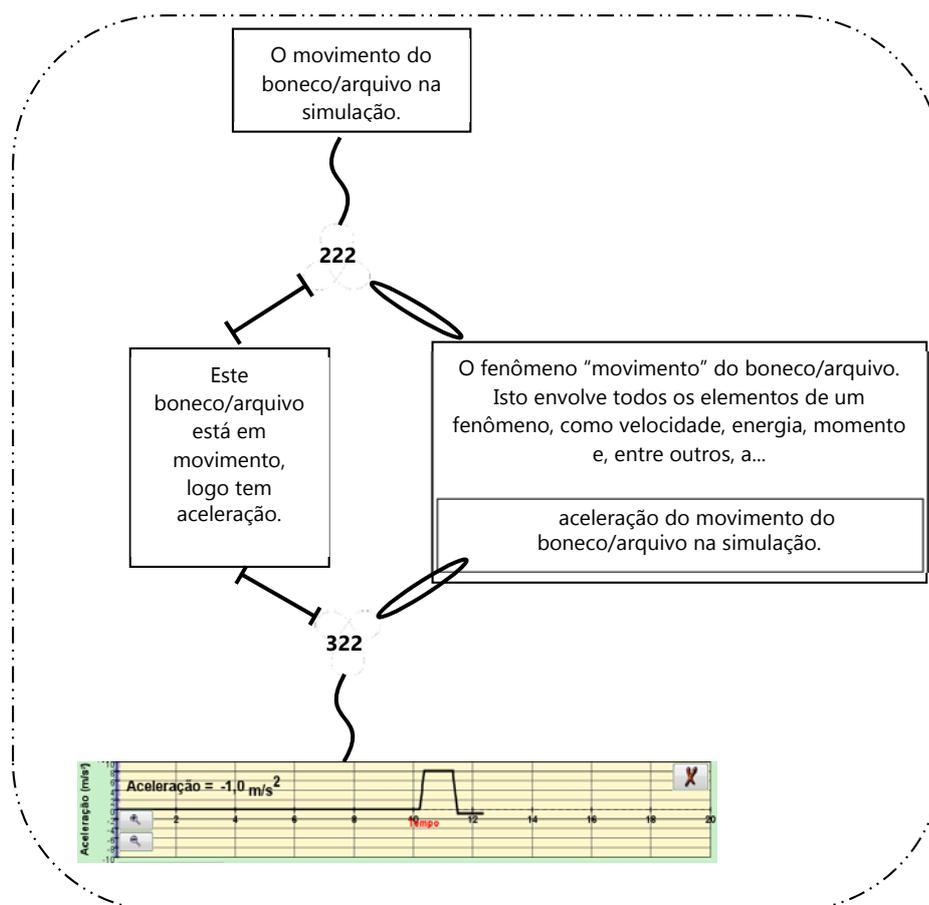
*E: E isso te ajuda a entender o que?*

*L: Ele só diminuiu a aceleração dele, não chegou a zero.*

*E: Mas isso te ajuda a interpretar o que? A compreender o que?*

*L: Que eu apliquei 2000 (N de força sobre o objeto). Aí ele andou e quando eu apliquei 200 ele não parou, continuou andando. Ele continuou com aceleração.*

No episódio narrado entre o final do diálogo 31 até o 33, Luíza utilizou o gráfico como forma de confirmar uma conclusão obtida por ela através da simulação. Neste episódio, ela partiu da simulação para afirmar que o boneco tinha aceleração porque estava em movimento. Ainda que a afirmação possa ser questionada fisicamente, sua conclusão estava embasada na representação da simulação para posterior confirmação no gráfico. Esta situação se assemelha àquela descrita no diálogo 27, na qual a licencianda concluiu que a força resultante era zero para corpos em repouso, ou seja, sua afirmação se baseou na representação do boneco/arquivo. Assim, esta análise semiótica (quadro 7.17) é semelhante àquela (quadro 7.14). O signo cujo *representamen* é a simulação do movimento do boneco foi interpretado pela Luíza como sendo o movimento em si, ou seja, fazendo referência ao objeto *dinâmico*. Já o objeto do gráfico foi referenciado pelas características recortadas pelo *representamen*, isto é, fazendo referência ao objeto *imediato*.



Quadro 7.17 - Dois signos num processo de confirmação da informação com erro conceitual

Anteriormente, no diálogo 27, ela havia procurado uma referência numérica como segunda representação, mas neste episódio a representação utilizada foi a linha do gráfico. Nas duas situações, suas conclusões partiram da simulação do fenômeno e foram confirmadas por representações que estavam no gráfico.

A análise semiótica desta integração nos permite concluir que há uma integração entre os signos através do objeto e do interpretante. O objeto da simulação é o fenômeno movimento, com vários elementos que o envolvem, enquanto o objeto do gráfico é apenas um destes elementos, a aceleração. Parece que Luíza não percebeu que os dois signos se referem a objetos diferentes, embora relacionados, e produziu um signo interpretante igual para os dois. Esta confusão pode ajudar a explicar o porquê da equívoco que ela explicitou entre movimento e aceleração.

Ela utilizou o gráfico da aceleração para compreender porque o boneco se deslocava com uma pequena força feita sobre ele. Então, a informação do gráfico confirmou uma suspeita que ela tinha: a de que o corpo em movimento tem aceleração. Ela utilizou o ponteiro do mouse na tela para destacar a parte do gráfico de aceleração que indica que a linha do gráfico não tocou o eixo

das abscissas e, portanto, não chegou a zero. É importante salientar que, naquele instante, o valor da aceleração estava expresso no próprio gráfico, mas a atenção dela estava focada no gráfico e Luíza não mencionou o valor escrito. Fiz questão de destacar que ela estava olhando para o gráfico e confirmar com ela se o que ela estava vendo no gráfico a ajudava a interpretar o movimento do objeto na tela acima. Ela confirmou minhas afirmações. Pedi, então, que ela retomasse a explicação do conceito de inércia.

Luíza pediu para começar novamente a simulação. Então eu limpei toda a tela e fechei todos os gráficos para retomar o início da simulação e deixar que ela mexesse no que achasse importante. Depois de uma explicação dela para iniciar um movimento, questionei:

*E: Ok, você está explicando que ele (o arquivo) entrou em movimento. O quê, nesta representação, está dizendo sobre a inércia? Se ele está em equilíbrio, se ele não está? E o que você está utilizando nesta representação para mostrar que ele não está em equilíbrio ou que ele está em equilíbrio?* (34)

*L: Ele não está em equilíbrio porque a minha força resultante ...*

Luíza pausou a fala e abriu o gráfico de força para observar. Havia uma grande seta de força resultante desenhada na tela, mas ela também recorreu ao gráfico. Ela levou o mouse até o valor escrito da força resultante no gráfico para continuar, com mais firmeza, a afirmação 35.

*L: ... a minha força resultante não vai ser zero.* (35)

Como eu percebi que ela utilizou o valor do gráfico, questionei explicitamente isso (diálogo 36).

*E: O que você usou para falar que a força resultante não vai ser zero é este valor aqui (apontando para ele) no gráfico?* (36)

*L: E a setinha aqui (ela aponta para a grande seta verde da força resultante que aparece na tela de cima).*

Mais uma vez, a aluna transitou entre duas representações para se assegurar de suas conclusões.

*L: Antes não tinha uma força resultante porque ele estava em equilíbrio, então era zero. Agora já aparece a força resultante, então já tem a seta indicando inclusive o sentido da força resultante.* (37)

*E: Quando eu te perguntei, antes de você falar da seta, você precisou abrir o gráfico, ver o valor da força para afirmar que ele tinha força resultante, para depois falar da seta. Por que você usou esta ordem?*

*L: Não... porque eu ia falar que a força resultante... eu ia olhar o valor da força resultante... eu ia falar que é menor... é a força aplicada menos a força de atrito que é a força resultante. Eu abri só para olhar os valores. Para comprovar que a setinha estava certa, não é zero.*

*E: Então, esta setinha (apontando para resultante na cena simulada) e este valor (apontando para o valor escrito no gráfico) têm sentido, para você, juntos? Você falou que este aqui (valor escrito) está para comprovar que este aqui (apontando para a seta) não é zero!*

*L: Não! Só a seta já te mostra que tem uma força resultante e o sentido dela.*

*E: Então não precisaria do gráfico para saber esta informação?*

*L: É.*

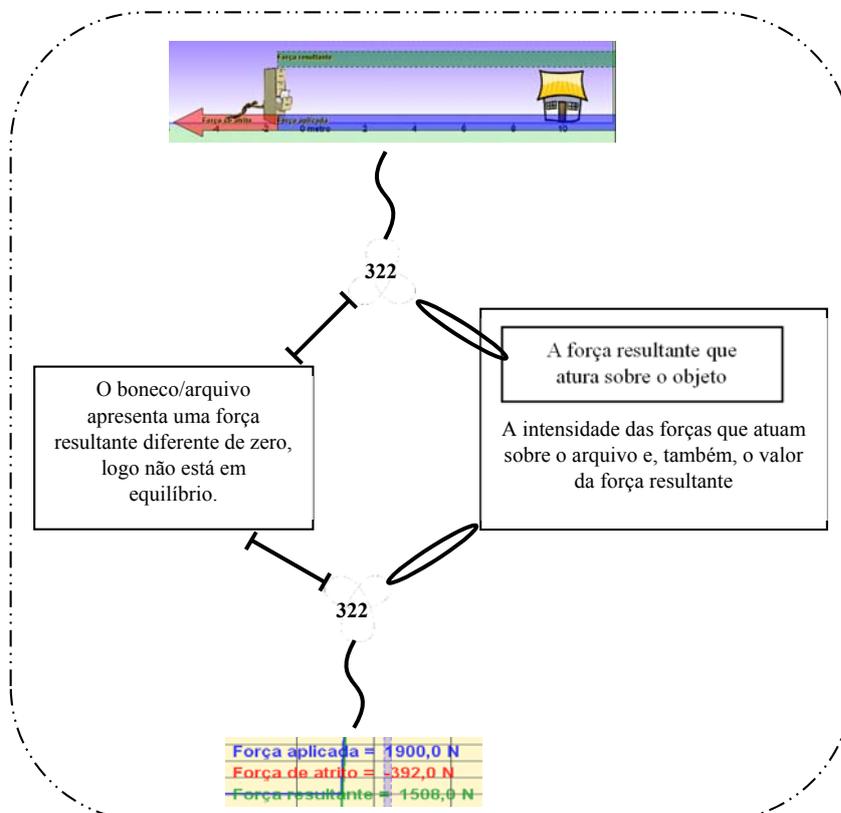
*E: O gráfico acrescenta o quê?*

*L: Acrescenta com valores. A seta não te dá valor nenhum. Você está falando que a força resultante é zero porque não tem seta. Mas, a partir do momento que a força resultante não for zero mais, quanto vale essa força resultante? Vamos supor, no caso de uma aula, para comprovar cálculos que um aluno vai fazer...*

No episódio narrado entre os diálogos 34 e 37, mais uma vez ela utilizou uma segunda representação para confirmar uma informação que já teria visto antes. No entanto, especificamente no diálogo 37, Luíza negou, explicitamente, que tivesse usado os valores do gráfico para confirmar a informação de que havia uma força resultante. Esta foi uma afirmação dela, embora em outras oportunidades ela tenha procurado o gráfico ou o valor expresso para confirmar informações antes de emitir suas opiniões. Além disso, ela afirmou que olhou os valores no gráfico para “comprovar que a setinha estava certa”. Essa fala nos dá indício de que a licencianda pode ter usado esta representação também como forma de comprovação de uma afirmação, ainda que ela não tenha reconhecido tal atitude.

Nesta integração (quadro 7.18), diferentemente do que ocorreu com a integração anterior (quadro 7.17), não houve uma inadequação conceitual. Uma hipótese para essa diferença está na forma como os objetos que estão integrados se diferenciam nas duas situações. Na primeira, quadro 7.17, o objeto do gráfico é uma parte do todo, especificamente, a aceleração (objeto do segundo signo) é uma parte do movimento como um todo (objeto do primeiro signo). A inadequação pode ter ocorrido em função de a licencianda ter tomado a parte pelo todo. Já na

segunda situação, quadro 7.18, o objeto dos dois signos é o mesmo, porém eles apontam para características diferentes do mesmo.

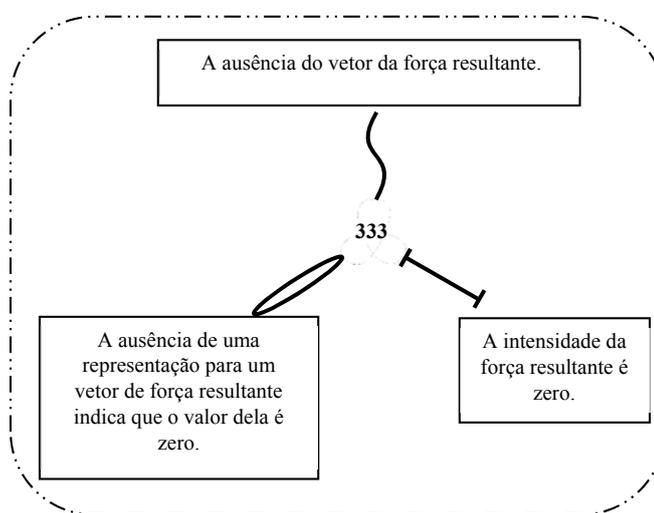


Quadro 7.18 - Dois signos num processo de confirmação da informação e compartilhamento de informação sem erro conceitual

Também diferentemente do que ocorreu na situação anterior (quadro 7.17), nesta situação (quadro 7.18), Luíza fez referência aos objetos *imediatos* dos dois signos, isto é, a características recortadas dos objetos reais e não extrapolou sua fala para além destas características. A seta tem, inerente à sua existência, a característica da existência de uma força resultante, o que significa que o fato de haver força resultante diferente de zero está inscrito no próprio *representamen*. Os valores expressos trazem, ainda que por convenção (são *legissignos*), as intensidades das forças, e isto é interno ao próprio *representamen*. De certa forma, o fato de ela ter se referenciado aos objetos *imediatos* pode ter evitado que a licencianda tomasse a parte pelo todo. Isto porque o objeto *imediato* é a característica representada do objeto que está inscrita no próprio signo. Sendo assim, não houve uma extrapolação para fora do signo, ou seja, Luíza não teve que fazer inferências para além do próprio signo sobre o que aquele *representamen* representa. Na situação anterior, o boneco/arquivo em repouso foi extrapolado por Luíza como representando o movimento como um todo. Logo Luíza teve que extrapolar características do movimento que não estavam inscritas no *representamen*, como velocidade,

aceleração etc.. Tal extrapolação pode ter sido um complicador que contribuiu para a confusão da licencianda.

Um detalhe importante do diálogo 37 se refere ao trecho: “você está falando que a força resultante é zero porque não tem seta”. No contexto do diálogo, Luíza estava afirmando que a falta de uma seta para indicar a força resultante fazia com que ela deduzisse que a força resultante era zero. Neste sentido, a ausência da imagem significou, para a licencianda, que uma entidade (força resultante, ainda que nula) foi representada. Como para Peirce um signo é tudo aquilo que vai à mente de um indivíduo, ou seja, tudo que o sujeito toma consciência pode ser considerado um signo, podemos inferir que, neste caso, a ausência de uma representação que era esperada foi um signo que representou a ausência de força resultante. Este é um resultado interessante porque indica que uma ausência percebida é um signo. Em outras palavras, uma ausência percebida também é uma representação no sentido peirciano de se entender o signo. Da mesma forma que a seta tem, inerente à sua existência, a característica de existência de força resultante (um objeto *imediato*), a falta de seta tem, inerente à sua ausência, a característica de ausência de força resultante. Portanto, Luíza estava destacando características do objeto *imediato* (quadro 7.19).



Quadro 7.19 - A ausência como signo

A classificação sígnica, neste caso, é a de um *legissigno simbólico argumental*. Pela fala da aluna, percebemos que ela partiu de uma situação genérica para a aplicação particular: “A seta não te dá valor nenhum. **Você está falando que a força resultante é zero porque não tem seta.** Mas, a partir do momento que a força resultante não for zero mais, quanto vale essa força resultante? Vamos supor, no caso de uma aula, para comprovar cálculos que um aluno vai fazer...”. Nesta passagem, conseguimos identificar um hábito de ação. Portanto, a relação S-I

só pode ser argumental. Há um forte componente indexical na relação S-O, pois a ausência da força resultante demarca a ausência do vetor. No entanto, como o interpretante é de ordem argumental, portanto um signo que expressa um conjunto de situações (e não um caso particular), prevalece a característica simbólica da ausência do vetor significando força resultante nula na relação S-O. O caráter de legissigno se justifica pois a falta de uma inscrição não pode ser considerado um sinsigno ou um qualissigno, justamente por não ser uma inscrição.

Em seguida, pedi a ela que utilizasse a simulação para explicar o conceito de inércia numa situação de equilíbrio dinâmico. Com o objeto em movimento e uma força resultante apontando no sentido do movimento, Luíza diminuiu o valor da força aplicada, mas ainda aparecia uma força resultante pequena. Antes que ela rodasse a simulação, perguntei se aquela era uma condição de equilíbrio e ela respondeu (fala 38):

*L: Não, pois tem uma força resultante.*

38

Esta fala foi acompanhada de uma indicação, com o ponteiro do mouse, para a setinha de força resultante acima do objeto. Portanto, a representação que ela utilizou para sua conclusão foi o vetor força resultante. É importante destacar que quando se altera o parâmetro da força aplicada, imediatamente os vetores mudam de tamanho, tanto na simulação quanto no diagrama livre de forças. Porém, os valores expressos nos gráficos e as próprias linhas do gráfico só se alteram depois que a simulação começa a rodar (como descrito e exemplificado na figura 7.6). Por isso, pedi que ela rodasse um pouco a simulação e pausasse em seguida. A resposta da aluna sobre a permanência de uma força resultante diferente de zero foi expressa após a alteração dos valores e antes de rodar a simulação. Portanto, dentre as várias representações, ela só tinha como informação a variação no tamanho da seta.

Em seguida, ela fez outra tentativa de diminuir a força, mas não o suficiente para atingir o equilíbrio. Portanto, ainda havia uma força resultante que Luíza observou pelo tamanho do vetor. Ela estava alterando novamente o valor, sem reiniciar a simulação quando se lembrou de fazer a simulação rodar. Percebi, então, que ela rodava a simulação mais por uma solicitação minha, de sempre registrar as alterações produzidas por ela, do que para observar o que estava acontecendo com o fenômeno, ainda que ela se atentasse para a simulação depois de iniciada. Então, parecia que, para ela, bastava a informação da seta para saber se haveria ou não força resultante. Na última tentativa antes de alterar o valor, ela levou o ponteiro do mouse aos valores

de força aplicada, força de atrito e força resultante expressos no gráfico. Isso dá a entender que ela estava utilizando essa informação para decidir qual valor ela iria colocar. Depois de inserir o valor adequado, o vetor força resultante desapareceu. Então, ela não iniciou a simulação e afirmou (fala 39):

L: Pronto!39

A fala 39 indica que ela entendeu que a tarefa de encontrar uma condição de equilíbrio dinâmico estava concluída. O fato de Luíza não rodar a simulação final para concluir que a força resultante era zero reforça a ideia anterior de que a ausência de seta representou uma atribuição de significado para essa força, ainda que o valor seja nulo (conforme indicou a análise semiótica expressa no quadro 7.19). Seria necessário que, ao final, a licencianda rodasse a simulação e a pausasse para que os valores expressos e as linhas do gráfico se atualizassem, pois, como informado anteriormente, essa atualização só ocorre com a simulação em andamento. Da forma como foi feito, o vetor força resultante desapareceu, o valor expresso no gráfico ainda estava diferente de zero, a linha do gráfico de força resultante não tocava o eixo das abscissas e todas essas informações estavam expressas na tela (figura 7.9). Ainda assim, ela concluiu que a força resultante seria zero e a única informação possível para essa conclusão era a ausência do vetor força resultante.

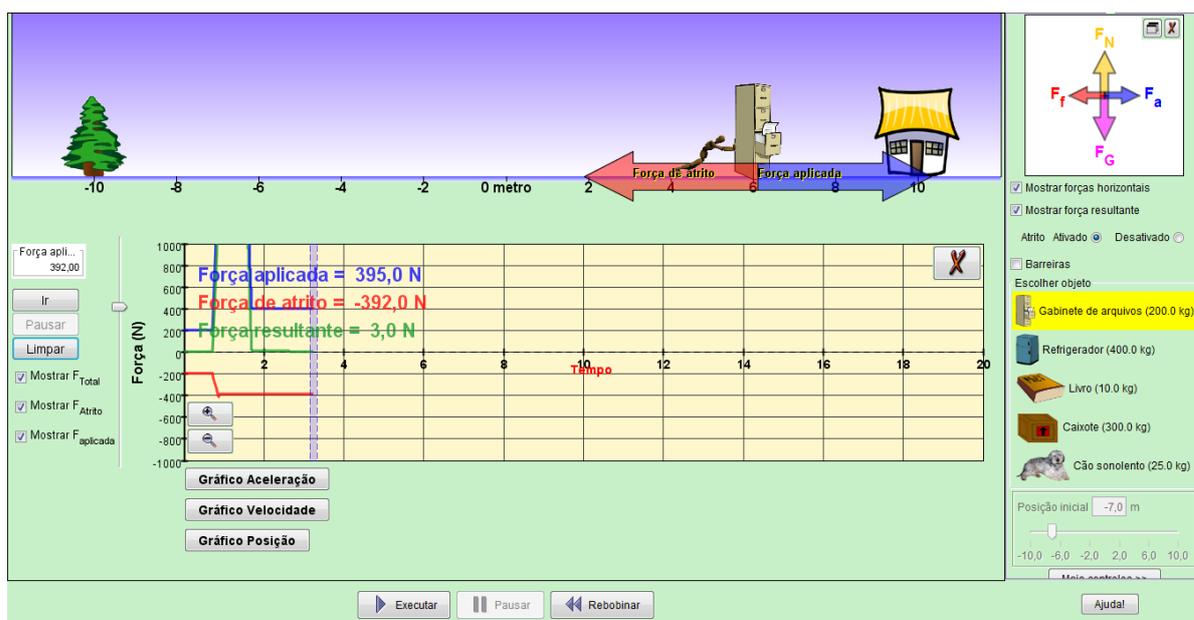
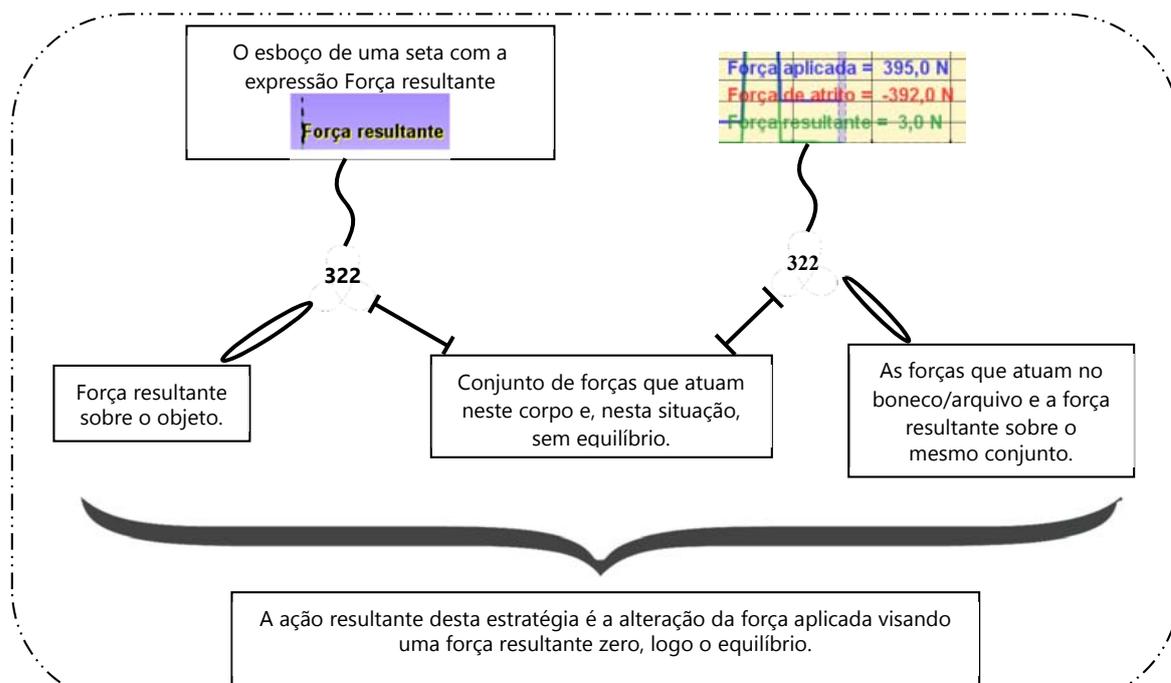


Figura 7.9 - Situação de equilíbrio dinâmico com o gráfico ainda não atualizado

Ainda no episódio no qual ocorreram os diálogos 38 e 39, há indícios de que Luíza utilizou as representações numéricas expressas no gráfico para definir uma estratégia de ação, ou seja, a

partir dos valores de força de atrito e força resultante, definir o valor da força a ser aplicada para encontrar o equilíbrio dinâmico. Nesta integração (quadro 7.20), diferentemente da ocorrida no quadro 7.15, os dois signos compartilham um elemento em comum: o interpretante. Além disso, os dois signos têm a mesma classificação, *legissigno indexical dicente*.



Quadro 7.20 - Dois signos definindo uma estratégia de ação e compartilhando do mesmo interpretante

Em seguida, ela colocou a simulação para rodar e ocorreu o diálogo 40.

40

*E: Isso é suficiente para mostrar a inércia? (Paralelamente à minha pergunta ela colocou a simulação para rodar, portanto o objeto estava em movimento e com equilíbrio de forças<sup>20</sup>.)*

*L: Não!*

*E: Por que não?*

*L: Porque ele (o arquivo) continuou em movimento, ah é .... mas se a força de atrito é igual à força aplicada, ele deveria parar de movimentar...Eu não tenho força resultante.(Um erro muito comum sobre 1ª Lei de Newton.)*

*E: O que “fala” para você, que significa ter o movimento. É ter a força resultante?*

*L: Agora é se eu apertar o iniciar e ele movimentar ou não.*

<sup>20</sup> Um objeto se deslocando com equilíbrio de forças é a condição para um equilíbrio dinâmico. Ou seja, o movimento executado pelo boneco naquele momento era uma condição necessária e suficiente para demonstrar o princípio da inércia, ainda que a aluna não tenha reconhecido isso.

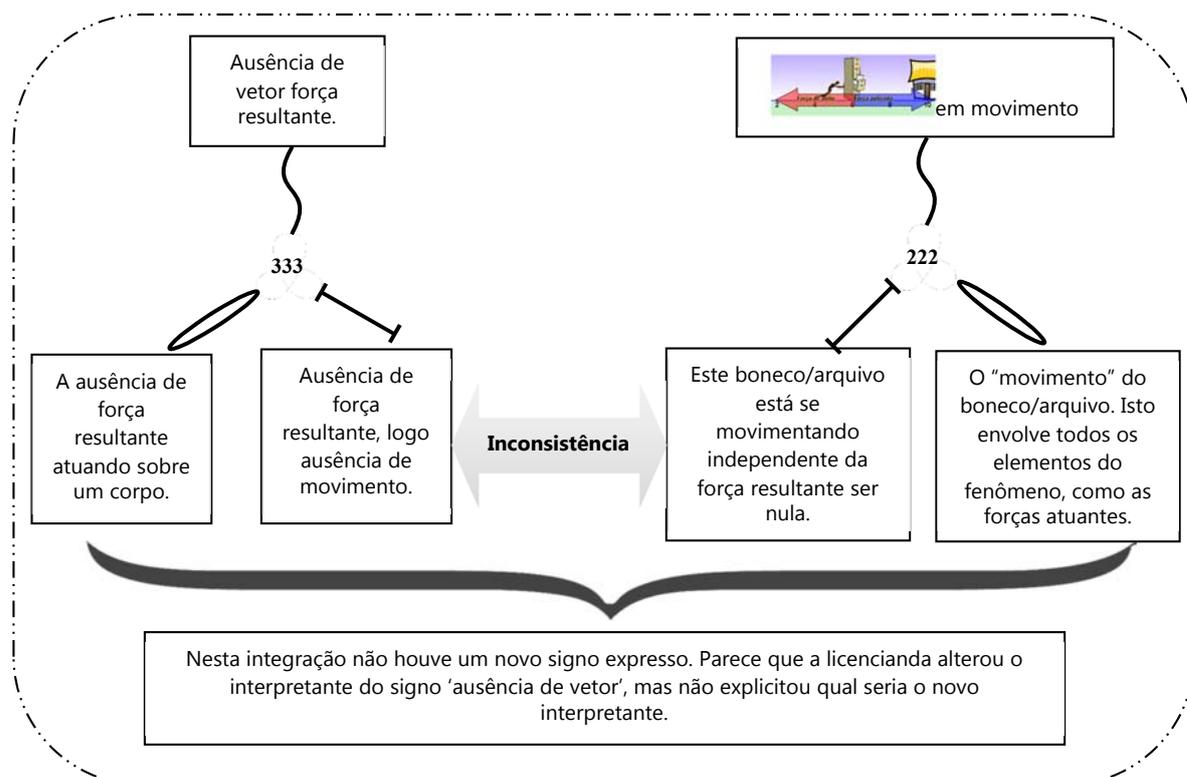
*E: Mas antes tinha a ver com a setinha?*

*L: Antes tinha força resultante.*

No primeiro momento, a licencianda se surpreendeu com o movimento do objeto. Como não havia o vetor força resultante, ela esperava que o objeto ficasse em repouso.

O conflito percebido nesta fala (se não existe força resultante o objeto deveria, para Luíza, parar) pode ser entendido como consequência de uma integração entre diferentes representações. A ausência do vetor força resultante, um signo, determina como o movimento do boneco/arquivo deveria ocorrer. O próprio boneco/arquivo também é um signo que, pelo que percebemos na fala de Luíza, foi integrado com a ausência do vetor.

Neste conflito, prevaleceu a perspectiva do *sinsigno indexical dicente*, o boneco/arquivo, sobre o *legissigno argumental*, a ausência do vetor. Essa prevalência fica clara no diálogo 40, pois quando ela foi questionada sobre qual representação indicaria a existência do movimento, sua resposta apontou para o boneco/arquivo na simulação: “Agora é se eu apertar o iniciar e ele movimentar ou não” (quadro 7.21). Isto é, a relação factual e de existência (relação indexical) prevaleceu sobre a relação convencionalizada (relação simbólica).



**Quadro 7.21 - Integração entre signos na explicação da inércia (equilíbrio dinâmico) e com conflito cognitivo**

Ainda na fala 40, percebemos que, mais uma vez, ela inicialmente não observou outras formas de representação, além da ausência da força resultante, para subsidiar sua conclusão. Somente em um segundo momento ela tentou utilizar outras formas de representação ao afirmar que a força aplicada era igual à força de atrito. No entanto, não ficou claro se, nesse caso, ela utilizou os tamanhos equivalentes dos vetores expressos no desenho ou os valores explícitos no gráfico.

Luíza apresentou alguma dificuldade conceitual sobre inércia no equilíbrio dinâmico. Em função disso, comecei uma discussão sobre o assunto para que a entrevista pudesse prosseguir. O principal objetivo da discussão foi favorecer o entendimento de que um objeto qualquer não para automaticamente quando paramos de empurrá-lo. Neste processo de entendimento do fenômeno, Luíza utilizou a simulação voluntariamente.

A partir da tela pausada no diálogo anterior (figura 7.9), a licencianda diminuiu a força aplicada visando entender que um objeto para, mas não automaticamente. Depois que ela alterou o valor da força aplicada, rodou a simulação e a pausou para, em seguida, abrir todos os gráficos: força, aceleração, velocidade e posição. A tela, então, continha muitas representações (figura 7.10).

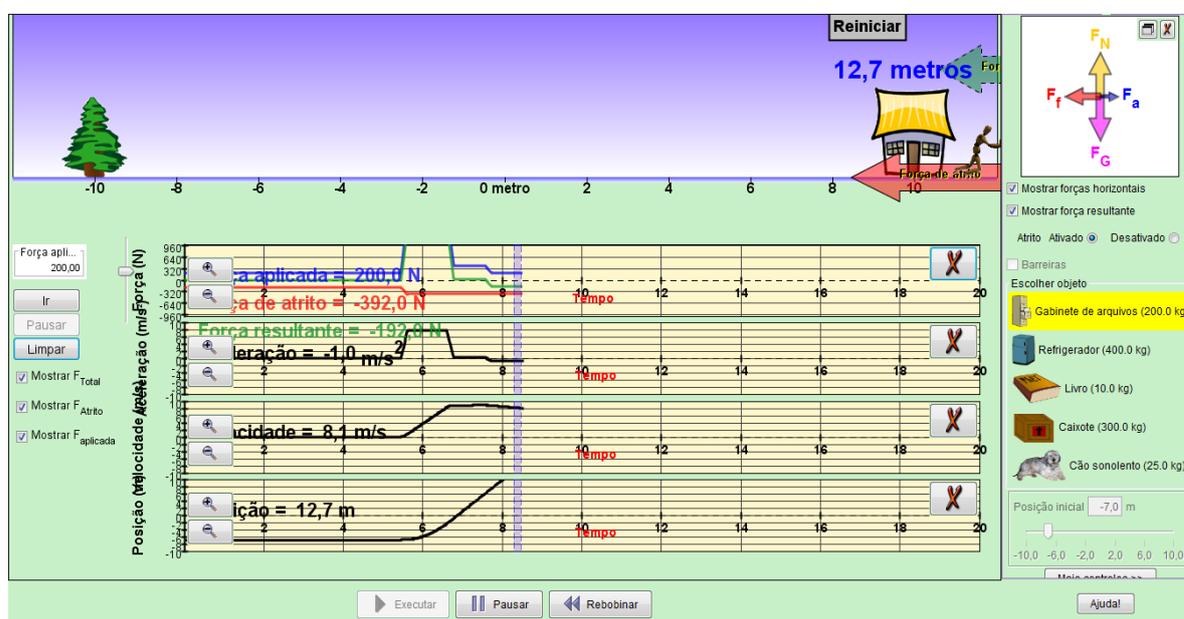


Figura 7.10 - Momento em que a aluna utilizou todos os gráficos da simulação ao mesmo tempo

Segundo sua fala, ela pretendia ver que a aceleração e a velocidade iriam diminuir e ainda haveria deslocamento até o objeto parar. Solicitei que ela explicitasse quais informações estava usando e com que finalidade, uma vez que ela tinha aberto muitos gráficos sem expressar seus pensamentos (fala 41).

*L: A aceleração, a velocidade e a posição têm uma relação. Então eu consigo ver que até a aceleração ser nula (com o mouse indica a região do gráfico de aceleração onde a reta toca o eixo das abscissas), ele teve que deslocar um certo espaço (leva o mouse até o gráfico da posição). Apesar de que, este gráfico (da posição) não vai me dar o tanto que ele vai ter que deslocar (ainda que o valor da posição instantânea estivesse expresso no gráfico).*

41

Seguiu-se um momento de pausa durante o qual Luíza ficou olhando para a tela e pensando sobre os gráficos. Em seguida, ela oscilou com o ponteiro do mouse entre os gráficos de velocidade e aceleração, com destaque para o momento em que o corpo atingiu o equilíbrio dinâmico, e disse (fala 42):

*L: Na hora que a velocidade é constante, a aceleração é nula.*

42

Para entender o comportamento do movimento com velocidade constante, ela estava fazendo uma análise simultânea dos dois gráficos. O ponteiro do mouse oscilava entre um gráfico e outro e eu questionei explicitamente se ela estava usando os dois gráficos, o que ela confirmou.

Velocidade e aceleração são signos que estão interligados por relações de interpretantes e objetos. No entanto, parece que Luíza não fez esta ligação, isto é, trabalhou de forma isolada com os signos. Porém, não temos indícios de que a licencianda isolou os dois signos, mas apenas vestígios de que ela poderia estar fazendo desta forma. Assim, não fizemos uma análise semiótica desta ligação em função das muitas hipóteses que elaboramos para relacionar os dados disponíveis.

Na sequência, eu assumi o controle da simulação para explicar questões pontuais sobre inércia, pois ela ainda demonstrava estar confundindo alguns aspectos e isso era importante para dar continuidade à entrevista. Coloquei o objeto em equilíbrio dinâmico, mantendo somente o gráfico de força aberto. Nesta situação, a aluna conseguiu explicar o movimento com base no equilíbrio de forças. Então refiz a situação anterior, porém ocultando o gráfico de força e abrindo o gráfico de velocidade (figura 7.11).

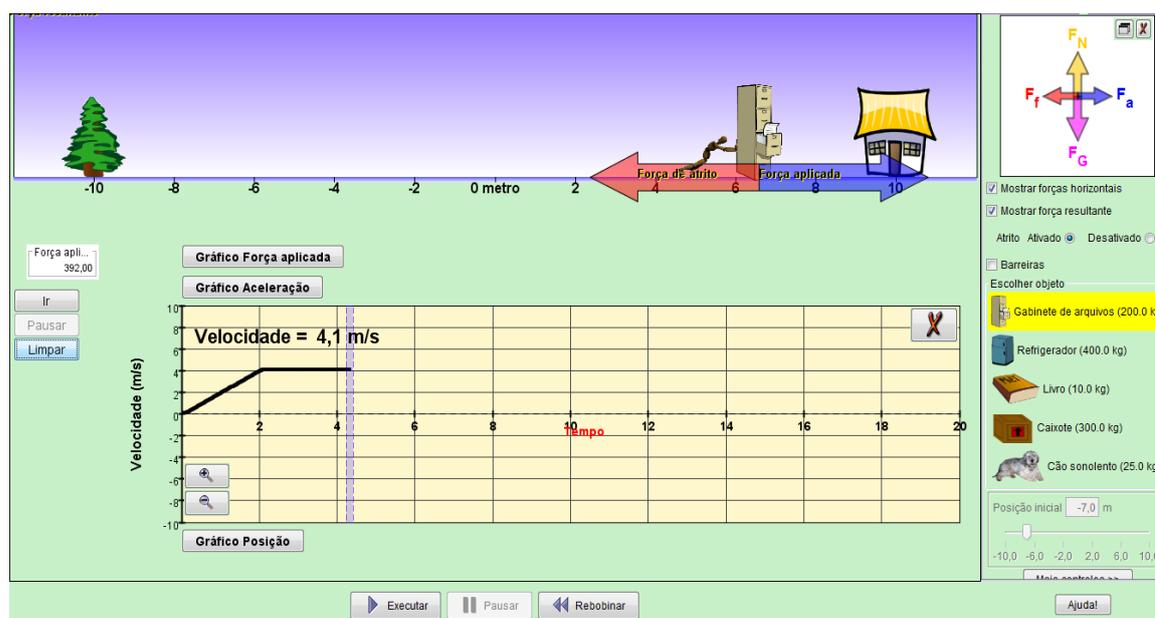


Figura 7.11 - Situação de equilíbrio dinâmico com somente o gráfico de velocidade visível

Seguiu-se o diálogo 43.

*E: É possível explicar a inércia assim?*

43

*L: Inércia e velocidade ... Dá! Você saiu do estado de inércia, estava parado (aponta para a origem do gráfico), você foi aplicando a força (aponta para a reta crescente no gráfico)*

Destaquei a parte em que ela aponta para a reta crescente e iniciei o diálogo 44:

*E: Então isso aqui está dizendo que eu apliquei uma força, ou seja, isso tudo que você está dizendo está relacionado só com este gráfico?*

44

*L: É, só com este trecho. Aí, depois, a sua velocidade passa a ser constante, você já está em movimento. Quando você diminui para 392 (N, a força aplicada que é igual à força de atrito).*

*E: Para isso tudo basta o gráfico, eu não precisaria fazer a ligação com o que está acontecendo lá em cima (na simulação)?*

*L: Eu acho que uma coisa completa a outra. Só o gráfico você entende.*

*E: Dá para explicar o princípio de inércia só usando o gráfico de velocidade?*

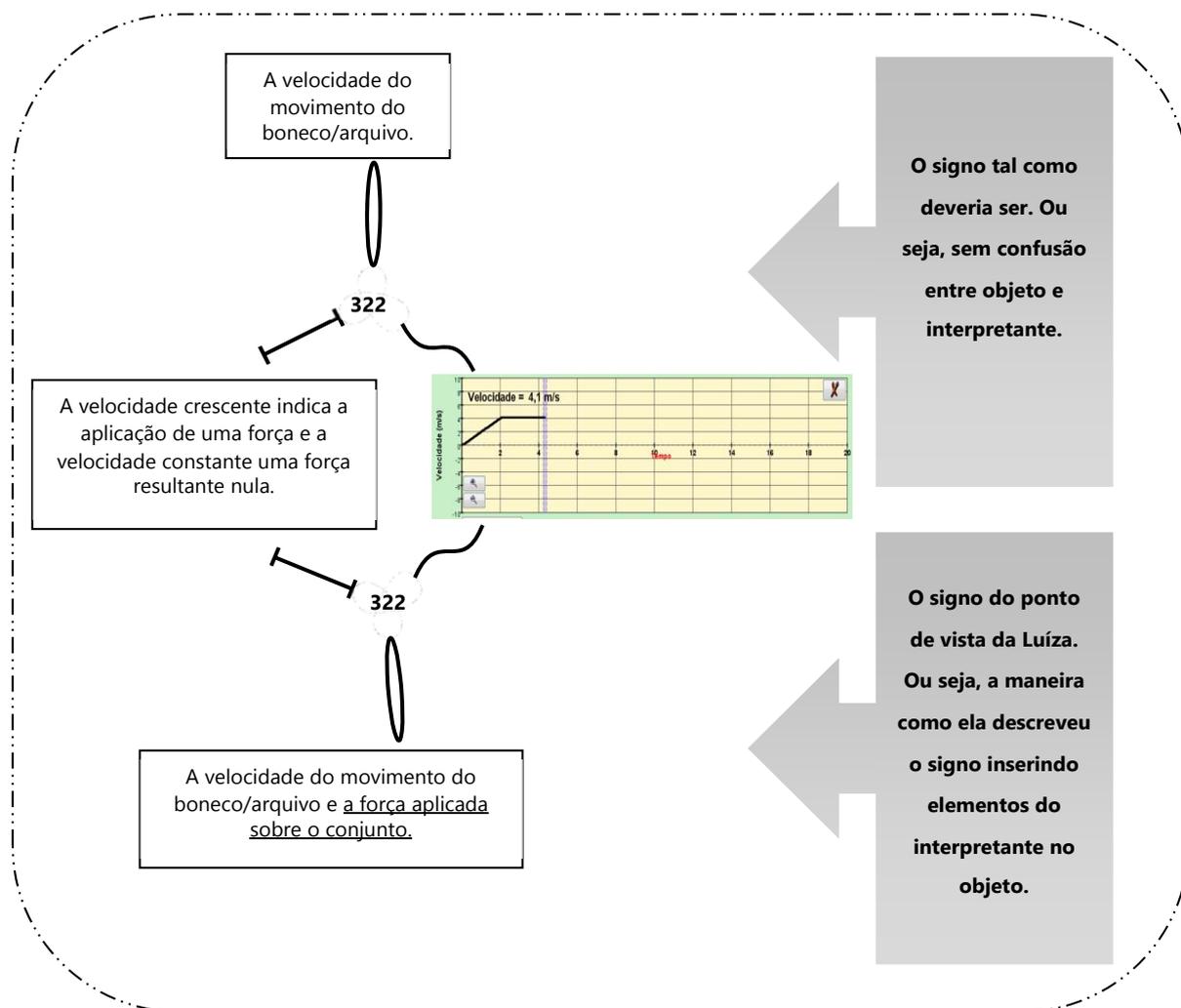
*L: Dá. Sai do repouso e passa a ter certa velocidade. Depois, você teve constante. Porque você saiu da inércia e continuou aplicando aquela força, a velocidade é constante (durante toda a fala, ela apontou para os trechos do gráfico).*

*E: Como é que você vai saber que aquela força continuou a ser aplicada pelo gráfico?*

*L: Ah, entendi. Tem que ter o quadradinho aqui (ela aponta para a caixa de diálogo onde insere o parâmetro da força aplicada, sem fazer menção aos vetores na simulação ou à própria simulação).*

Em vários momentos do diálogo 44, Luíza fez menção à ideia de que a força estaria representada no gráfico de velocidade, inclusive com o valor. Neste trecho do diálogo 44, percebemos que a aluna usou MR, ainda que não as tenha integrado conscientemente. Ou seja, saber que a força resultante era diferente de zero, em certa ocasião, a ajudou a compreender porque a velocidade crescia. Da mesma forma, a força resultante zero a ajudou a explicar porque a velocidade permaneceu constante. A todo momento, ela fez menção à ideia de que a força estaria representada no gráfico de velocidade, inclusive com o valor. Porém, esta informação não pode ser retirada deste gráfico, mas de outras formas de representação como os vetores na simulação ou a caixa de diálogos onde se insere o parâmetro desejado, por exemplo.

No entanto, a ação inconsciente de Luíza ao integrar MR levou a uma confusão entre o objeto e o interpretante do signo. Fazendo a análise semiótica da utilização do gráfico, podemos perceber que há um indício desta confusão (quadro 7.22).



Quadro 7.22- Confusão entre objeto e interpretante feita por Luíza

Luíza inseriu a força, que é parte do interpretante, no objeto do signo. O gráfico da velocidade não expressa a força aplicada como seu objeto. No entanto, quando Luíza destacou enfaticamente trechos do gráfico e afirmou categoricamente que ali estava representada a força que atuava sobre o boneco/arquivo, isto é, ela fez uma confusão entre interpretante e objeto do signo. Acreditamos que os fatos de um signo só representar certas características do objeto (o objeto *imediato*) e de isso nem sempre ser entendido pelos estudantes reforçam frequentes equívocos encontrados em contextos de aprendizagem de Física. O *representamen* tem características do objeto em si mesmo e quando Luíza inseriu a força como objeto do gráfico de velocidade, inconscientemente ela imputou ao gráfico uma representatividade de força que este gráfico não tem. Em outras palavras, ela inscreveu a força aplicada no gráfico de velocidade.

Não temos condições de afirmar se esta confusão entre objeto e interpretante é a causa das inadequações conceituais que os estudantes fazem nas relações entre força e velocidade ou se é uma consequência dessa inadequação. Precisaríamos de mais elementos para entender esta situação e esta entrevista não nos forneceu dados para aprofundar esta análise. De qualquer forma, este é mais um indício da importância de se explicitar as relações estabelecidas no ensino para evitar confusões que os estudantes fazem implicitamente.

Depois de encerradas as questões sobre inércia, deixei um espaço para Luíza pudesse comentar qualquer coisa que tivesse lhe chamado a atenção, mas não tinha sido abordado durante a entrevista (diálogo 45).

*E: Tem mais alguma coisa que foi representada nessa simulação que você identificou e a gente não falou?*

45

*L: Tem, mas eu não reparei: as setinhas (aponta para o diagrama livre de forças). Enquanto a gente estava conversando eu nem reparei se aumentou ou diminuiu as setinhas. Eu nem reparei nelas. Eu reparei só nas setas da simulação e no gráfico.*

Apesar de, no início, Luíza ter discutido bastante sobre e/ou a partir do diagrama livre de forças, durante a execução da atividade sobre inércia, ela afirmou não ter observado esta representação. Nesta fala (45), ela indicou que não estava atenta a uma representação desconectada da simulação: o diagrama de forças. Como afirmam Bodemer *et al.* (2004), as conexões dinâmicas e não integradas aumentam a carga cognitiva e dificultam o aprendizado. Também, van der Meij

---

e de Jong (2006) indicam que conexões dinâmicas não integradas, como neste caso, não favorecem o aprendizado do sujeito. O efeito da conexão dinâmica sem integração é o mesmo do de uma conexão não dinâmica entre MR também não integradas. Ou seja, apenas o dinamismo proposto por uma simulação não é suficiente para favorecer o aprendizado. Neste caso, Luíza ignorou as informações expressas no diagrama de forças pois, ainda que o diagrama estivesse em uma conexão dinâmica com a simulação, ele não estava integrado à própria simulação ou aos gráficos.

Além de Luíza ter manifestado explicitamente que ignorou o diagrama de forças, percebemos, ao longo de toda a atividade, que ela interagiu mais com os vetores na simulação do que com os gráficos e, menos ainda, com o diagrama de forças. Esta diferença sugere que a licencianda mobilizou mais facilmente as representações que estavam integradas, próximas umas às outras, como indica a literatura (AINSWORTH, 1999; BODEMER *et al.*, 2004; DE JONG, 2010; REY, 2011; VAN DER MEIJ; DE JONG, 2006).

### 7.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DO TRIPLETO NA ENTREVISTA

Retomando o que foi discutido no final do capítulo 5, nosso objetivo com a análise deste processo de atribuição de sentidos foi avaliar a ferramenta quanto a: aplicabilidade, coerência e relevância.

Em relação à sua aplicabilidade, ainda que tenhamos alguma dificuldade, principalmente pela pouquíssima utilização do referencial teórico peirciano no Ensino de Ciências, percebemos que foi possível analisar semioticamente a integração entre MR através do tripleto. Isto é, conseguimos elaborar uma ferramenta que fosse aplicável a um importante processo cognitivo do ensino de Ciências – a mobilização de representações – e coerente com este referencial. A aplicabilidade é uma importante característica de ferramentas de análise, visto que a complexidade da aplicação dificulta sua extensão para outros domínios e/ou sua utilização em outras pesquisas.

Ao longo do capítulo, usamos algumas referências da literatura do Ensino de Ciências para dialogar com nossa interpretação semiótica do processo de integração de MR conduzido por Luíza. Por exemplo, o conflito cognitivo que ocorreu em algumas passagens (por exemplo, no diálogo 14, analisado semioticamente no quadro 7.9), é condizente com o indicado na literatura

---

(CHINN; BREWER, 1998; DUARTE, 2010; LIN, 2007), isto é, os estudantes tendem a proteger suas concepções frente a situações conflituosas. No episódio da FG com a seta para cima (diálogo 14, quadros 7.8 e 7.9), Luíza modificou o objeto da FG para manter intacto seu interpretante, ou seja, a análise semiótica apresentou um resultado coerente com o encontrado na literatura. Na literatura há indícios de que as MR, quando integradas, vão além do que as representações isoladamente poderiam indicar (BODEMER *et al.*, 2004; EILAM; POYAS, 2008; REY, 2011; VAN DER MEIJ; DE JONG, 2006). A análise via tripleto evidenciou isso, ou seja, os interpretantes e objetos dos signos compostos vão além da união dos interpretantes e objetos dos signos que o compõem, como ficou evidenciado, por exemplo, no diálogo 13. Da mesma forma, há resultados na literatura que apontam para a dificuldade dos estudantes de integrar representações que estão afastadas umas das outras (BODEMER *et al.*, 2004; VAN DER MEIJ; DE JONG, 2006). O episódio descrito no diálogo 24, e analisado semioticamente no quadro 7.13, indica que é possível identificar quais signos deveriam estar conectados, ainda que distantes. O tripleto mostra a dificuldade de se integrar MR que estão afastadas e a análise através dele indica explicitamente em que ponto, semioticamente falando, há a ruptura feita por Luíza. Desta forma, a ferramenta é coerente com os resultados da literatura e acrescenta informações potencialmente relevantes para o entendimento de como estudantes integram MR. Sabemos que um único caso não é suficiente para concluir em que ponto e como ocorrem as rupturas nos processos de integração entre MR. Mas, como indicativo da relevância da ferramenta, este caso mostrou que é possível lançar uma nova perspectiva de análise para este processo.

Pela análise via tripleto, concluímos que, algumas vezes, Luíza utilizou duas diferentes formas de representar para confirmar uma informação de que ela já dispunha. Nestas situações, os signos se interligavam com os mesmos objetos e interpretantes, ou pequenas variações deles (por exemplo, no diálogo 27, analisado semioticamente no quadro 7.14). Ainsworth (1999) discute uma série de funções pedagógicas que as MR cumprem quando são integradas. Neste conjunto de funções, ela não identificou que o estudante pudesse utilizar MR para confirmar uma informação. Dessa forma, a análise proposta neste trabalho pode, também, contribuir com novas informações sobre o papel que diferentes representações cumprem quando estão integradas.

---

No episódio descrito entre os diálogos 31 e 33, Luíza mostrou uma inadequação conceitual comum em Física (se há movimento, há aceleração). Na análise semiótica do quadro 7.17, percebe-se que a aceleração é uma parte do objeto do signo “simulação” e, ao mesmo tempo, é o objeto do signo “gráfico”. A aceleração é a mesma para os dois signos. No entanto, Luíza extrapolou a informação de que há aceleração (que é todo o objeto do segundo signo) para todo o objeto de primeiro signo (no qual a aceleração é apenas uma parte). Assim, a afirmação de que se há movimento também há aceleração pode ser entendida semioticamente como indicando que Luíza tomou a parte do objeto como sendo o todo. Essa análise nos ajuda a entender o que aconteceu em termos semióticos, mas não podemos dizer se esta inadequação é a causa dos frequentes equívocos conceituais dos estudantes ou se é um reflexo deles. De qualquer forma, a análise via tripleto trouxe uma nova perspectiva para tentarmos entender as frequentes concepções alternativas dos estudantes.

Em outra passagem, Luíza inseriu elementos do interpretante no objeto (quadro 7.22). Neste caso, a análise semiótica permite uma nova perspectiva de interpretação. Esta confusão pode ajudar a entender as dificuldades que estudantes enfrentam ao procurar identificar o que as representações representam, isto é, a quais elementos, conceitos, grandezas etc. as representações estão se referenciando.

---

## CAPÍTULO 8. A RELEITURA DE UMA PESQUISA

### 8.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A APRESENTAÇÃO DOS DADOS

A segunda análise constituinte deste trabalho se refere a uma releitura de dados de uma pesquisa sobre representações e semiótica publicada recentemente em um periódico internacional de relevância na área de Ensino de Ciência. Optamos pelo trabalho de Oliveira *et al.* (2014, Anexo 1) por quatro motivos: (i) é um trabalho recente, logo estamos dialogando com a pesquisa que está sendo desenvolvida em semiótica e representação; (ii) é um trabalho que lida com representações em diferentes modos semióticos (linguagem oral e visual – dividido em figuras e gestos), de forma que a análise via triplete possa ser expandida para além das representações bidimensionais; (iii) os dados estão descritos no trabalho original de forma detalhada, o que nos permite fazer uma releitura dos mesmos com relativa fidedignidade a eles; e (iv) o público alvo da análise semiótica é composto por professores em exercício, logo há uma semelhança com o sujeito da entrevista do capítulo 7, professor em formação.

No artigo, os autores buscam compreender: (i) como professores extrapolam o sentido literal dos textos, via multimodalidade, quando promovem leitura em voz alta; (ii) quais formas semióticas específicas (gestos, falas, figuras) os professores usam para isto; e (iii) quais funções pedagógicas esses meios semióticos cumprem. Para atender a estes objetivos, eles apresentaram os dados de três professores desenvolvendo a atividade de leitura em voz alta. Neste capítulo, apresentamos cada um dos casos analisados pelos autores, mostramos suas conclusões referentes a cada um, reanalisamos os dados a partir do triplete e apresentamos nossos resultados discutindo as concordâncias com os autores, as possibilidades de expansão dos resultados a partir do uso da ferramenta desenvolvida neste trabalho, bem como as limitações de sua utilização.

Para a apresentação dos dados, optamos por traduzir os trechos apresentados. Ainda que pudessem existir alguns problemas de tradução, ela foi feita visando facilitar, para o leitor, o entendimento da análise conduzida por nós. Deixamos, como opção para o leitor, o artigo original disponível no anexo.

A legenda adotada pelos autores do trabalho é a seguinte:

?	=	entonação crescente
.	=	entonação decrescente
CAIXA ALTA	=	ênfase
[ ]	=	comentários do pesquisador observador
(( ))	=	fornecido pela figura
<u>Sublinhado</u>	=	fala que delimita o episódio narrado.

## 8.2 A RELEITURA DOS DADOS DO ARTIGO

### 8.2.1 A professora Melissa<sup>21</sup>

A professora Melissa discutia com os alunos a formação de flocos de neve e a estrutura cristalina formada por estes flocos. Sua leitura era acompanhada por apontamentos que ela fazia no livro texto, ao qual os alunos também tinham acesso. A página lida pela professora e pelos alunos apresentava quatro flocos de neve (que variavam em função da humidade do ar) e um texto explicativo ao lado<sup>22</sup> (figura 8.1).

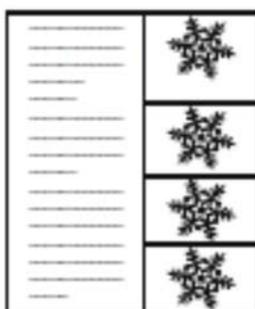


Figura 8.1 - Esboço da página do livro trabalhada por Melissa (Oliveira et. al., 2014, p.659)

<sup>21</sup> Mantivemos o pseudônimo utilizado pelos autores do artigo.

<sup>22</sup> Por problemas relativos a direitos autorais dos livros didáticos utilizados pelos professores, os autores do trabalho apresentaram somente um esboço da página utilizada, que reproduzimos aqui.

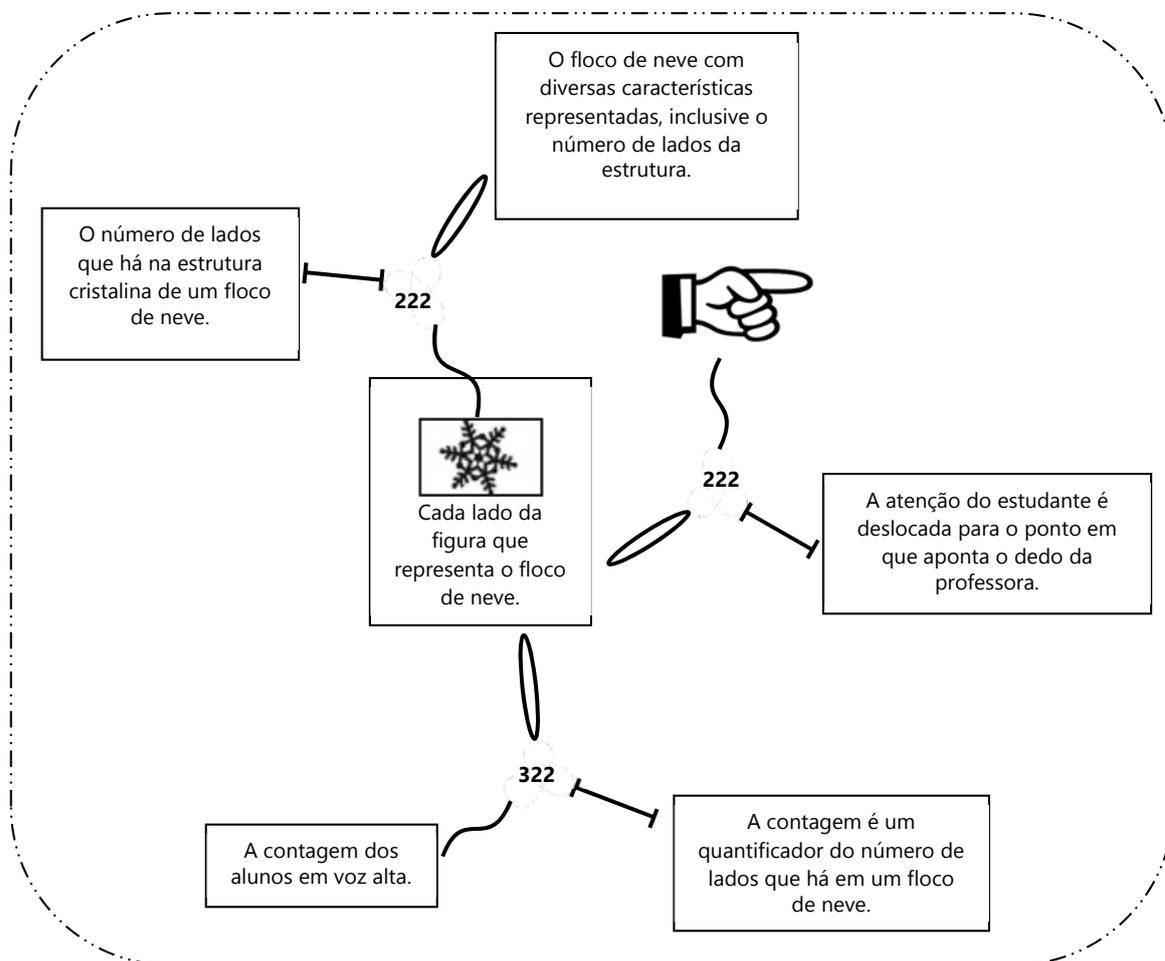
A figura 8.2 mostra o episódio ocorrido em sala de aula que apresentou o diálogo entre Melissa e seus alunos.

<p>Melissa: [Olhando para a representação 1] uau! olhem <u>estes cristais</u>, vocês podem olhar mais de perto daqui a pouco, mas para mim este [aponta para o cristal inferior] não parece real</p> <p>Alunos: Sim, aquele parece brilhante [repostas se sobrepondo]</p> <p>Melissa: Elas parecem que são de plástico, sintético.</p> <p>Alunos: Sim, claramente [muitos comentários de estudantes se sobrepondo]</p> <p>Melissa: Eles são perfeitamente formados, muito interessante [retoma a leitura]</p> <p>ESTES FLOCOS DE NEVE FORAM FOTOGRAFADOS UTILIZANDO UM MICROSCÓPIO, ENTÃO ELES PARECEM MUITO MAIOR DO QUE REALMENTE SÃO. POR CAUSA DO PADRÃO ORDINÁRIO DOS CRISTAIS DE GELO DE QUE SÃO FEITOS OS FLOCOS DE NEVE, ELES SEMPRE TÊM SEIS LADOS. Vocês sabiam disso?</p> <p>Alunos: Ah sim, podemos ver isso, sim [repostas se sobrepondo]</p> <p>Melissa: [retoma leitura em voz alta] ATÉ AGORA, NINGUÉM ENCONTROU FLOCOS DE NEVE EXATAMENTE IGUAIS</p> <p>Alunos: [alunos começam a sussurrar números enquanto apontam para a representação 1 à distância]</p> <p>Melissa: Vocês querem contar? [em uníssono com os alunos, enquanto aponta para o segundo cristal de cima com seu indicador] um, dois, três, quatro, cinco, seis [aponta para o terceiro cristal] um ((1a)), dois ((1b))?</p> <p>Alunos: Três ((1c)), quatro ((1d)), cinco ((1e)), seis ((1f)) [alunos contam em coro enquanto a professora aponta para cada lado com seu indicador]</p> <p>Melissa: [aponta para o cristal de cima] este tem um padrão um pouco diferente, mas vocês ainda podem ver as pontas. Um?</p> <p>Alunos: dois, três, quatro, cinco, seis [alunos contam em coro enquanto a professora aponta para cada lado com seu indicador]</p> <p>Melissa: Incrível, mesmo este [aponta para o floco de neve de baixo] que realmente [com o indicador circula o cristal] parece um objeto sólido, vocês podem realmente ver estes pontos [coloca o dedo em um dos lados do cristal inferior] um, dois [começa a contar os lados do floco de neve e o indicador acompanha a contagem]</p> <p>Alunos: três, quatro, cinco, seis [alunos contam em coro enquanto a professora aponta para cada lado com seu indicador]</p> <p>Mary: Como eles crescem com lados perfeitos? Tipo, eles são perfeitos, não existe nem um lado maior do que o outro.</p> <p>Steve: Eles parecem feitos de plástico.</p> <p>Melissa: Eu sei, está é uma coisa “maluca” dos cristais.</p>	
--	--

**Figura 8.2 - Processo de leitura em voz alta, sobre a cristalização do floco de neve, conduzido pela professora Melissa (Oliveira et al., 2014, p. 660 – tradução nossa)**

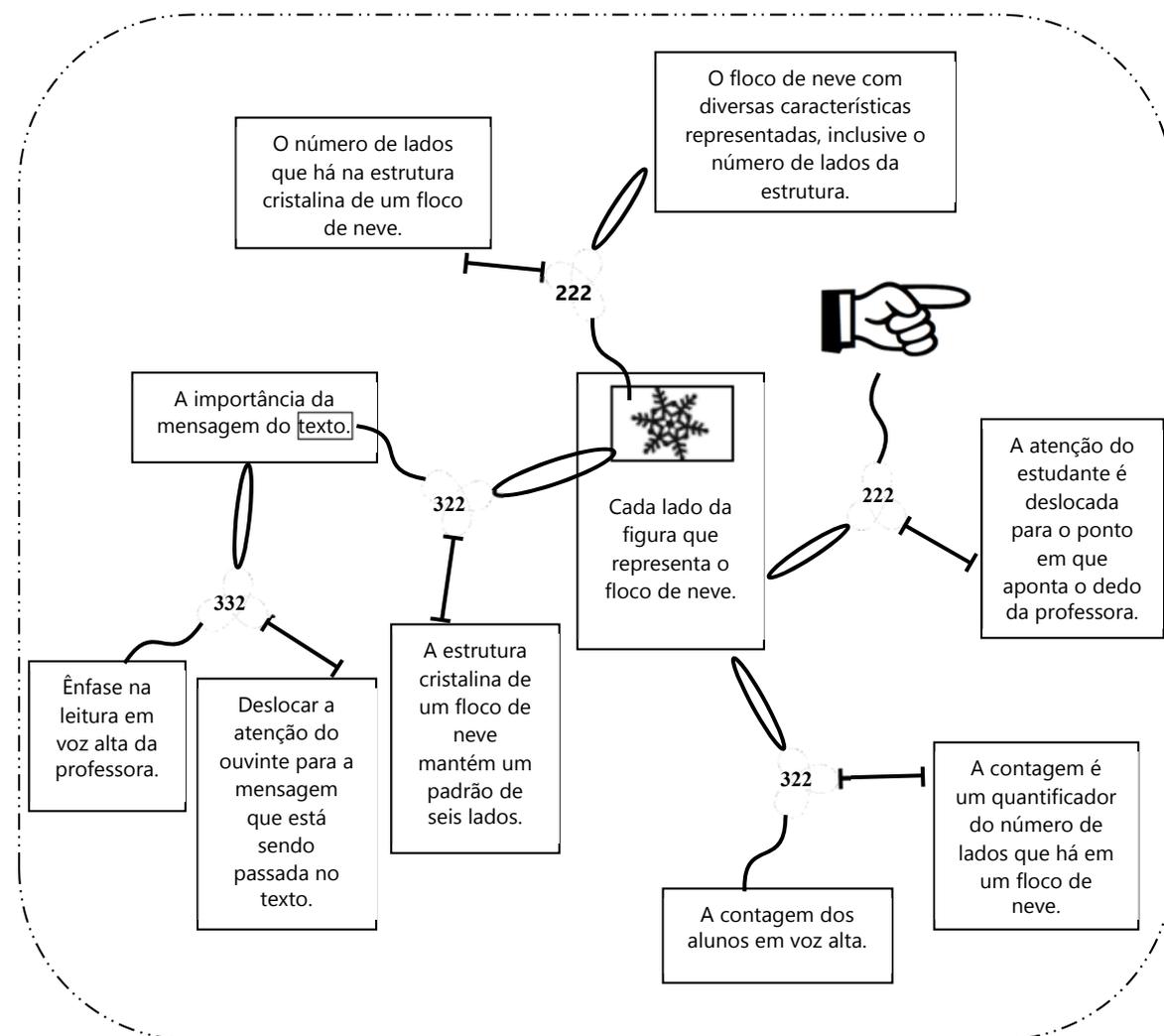
O primeiro ponto destacado pelos autores está no final da terceira fala de Melissa: “flocos de neve sempre têm seis lados”. Após esta fala, os alunos começaram a sussurrar uma contagem e a professora sugere uma contagem coletiva. Segundo Oliveira *et al.* (2014), Melissa e os estudantes desenvolveram um processo de co-construção multimodal da estrutura do floco de neve (a professora apontando, os alunos contando e a figura no livro). Pelo tripleto, podemos

observar como foi feita a conexão entre os signos utilizados conforme análise dos autores (quadro 8.1).



**Quadro 8.1 - A integração entre três signos, identificado pelos autores, de diferentes modos de comunicação (o gesto, a voz e a figura)**

No entanto, um signo é tudo aquilo que é percebido como representando algo para alguém. Neste caso, a entonação da voz da professora foi um signo que não foi inserido na análise. Quando os autores destacaram que a professora leu o texto do livro com certa ênfase na voz, esta entonação diferente quer destacar, para o aluno, a importância daquilo que está sendo lido. Sendo assim, tanto a mensagem contida no texto quanto a ênfase na voz da professora são signos que fazem parte da construção do entendimento dos estudantes sobre a estrutura cristalina do floco de neve (quadro 8.2).



Quadro 8.2 - A integração entre cinco signos utilizados por Melissa na leitura em voz alta

Percebe-se, nesta configuração, que a figura representativa do floco de neve é o ponto central das relações sógnicas. Além disso, haveria uma perda de informação relevante se a construção de sentido passasse apenas pelos três signos sugeridos pelos autores (quadro 8.1). Isto é, a ideia de que a estrutura cristalina do floco de neve forma um padrão é dada pela mensagem do texto e esta mensagem ganha relevância a partir do signo “ênfase na voz”.

Acreditamos que se a professora não tivesse dado ênfase ao texto, muitos alunos não teriam percebido o conteúdo da mensagem e todo o processo didático-pedagógico que ocorreu teria seguido outro caminho. Assim, aprofundar na semiótica peirciana e trazer uma concepção ampla de signo, como Peirce indica, nos permite fazer uma leitura mais completa do processo de construção de significados coletivamente.

Outro resultado que os autores trazem refere-se à materialização de um conceito abstrato:

(...) a noção abstrata da regularidade da estrutura cristalina foi *especializada* (...), isto é, coletiva e sistematicamente transformada em uma sequência de movimentos concretos e tangíveis da mão em um espaço físico, tanto quanto, *objetivada* (...) como um número fixo de lados em um conjunto de flocos de neve retratados, conduzindo à noção de ‘seis lados’. (OLIVEIRA *et al.*, 2014, p. 660-661, grifos originais)

Apesar da discordância que temos quanto aos signos que fazem referência à regularidade da estrutura cristalina, concordamos com a ideia de que a espacialização e a objetivação tornam o conceito trabalhado mais tangível para os estudantes. A partir da análise via triplete, levantamos três hipóteses sobre a ideia de concretude e tangibilidade que os autores mencionam: (i) esta ideia pode estar associada à posição que a característica destacada (a regularidade no número de lados do floco de neve) ocupa na tríade sónica, ou seja, repete-se a posição de objeto para três diferentes signos (o apontar da professora; a contagem em voz alta dos alunos; o texto); (ii) a semiose destaca as características intrínsecas do objeto no signo, isto é, a referência é feita ao objeto imediato e não o dinâmico; e/ou (iii) esta ideia pode estar associada ao fato da relação S-O ser indexical nos três signos que têm o floco de neve como objeto.

### 8.2.2 A professora Morgan

A professora Morgan conduziu dois momentos de leitura em voz alta: (i) o fenômeno da refração através de um prisma e (ii) a anatomia e fisiologia do olho humano. Estas leituras foram acompanhadas de apontamentos feitos pela professora indicando as figuras do livro, ao qual os alunos tinham acesso.

A discussão acerca da refração da luz foi acompanhada de uma figura de um prisma, no qual incide uma luz branca (proveniente do canto superior esquerdo da imagem) e emerge dele a luz dispersada (no canto inferior direito da imagem). Na imagem, há três lacunas para que os estudantes preencham com informações retiradas do texto que se encontra na parte superior da página (figura 8.3).



Figura 8.3 - Esboço da página do livro trabalhada por Morgan sobre refração da luz branca (Oliveira *et al.*, 2014, p.659)

A Figura 8.4 mostra o episódio ocorrido na sala de Morgan quando ela discutiu a refração da luz através do prisma.

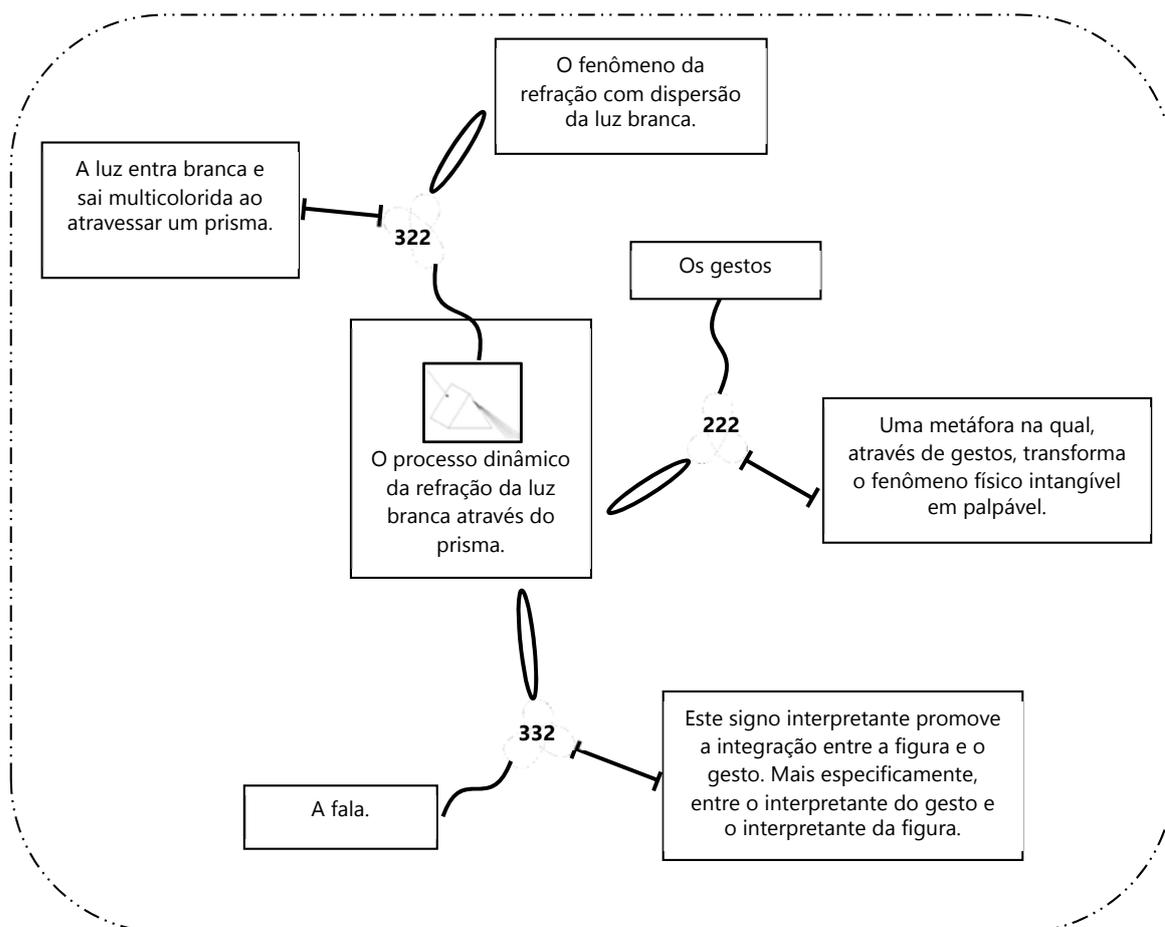
<p>Morgan: Aqui temos um prisma [com seu indicador circula a figura do prisma na representação 2]. Aqui temos a luz entrando no prisma [movimenta o dedo através da seta de entrada no prisma] ((2a)). Este é a?</p>	
<p>Alunos: Luz branca [em coro].</p> <p>Morgan: Luz branca. Então, em seus cadernos eu quero que vocês indiquem luz branca [coloca o dedo na legenda “luz branca” para a seta de entrada]. Então vocês têm uma linha que vai para o [coloca o dedo na legenda “prisma”]?</p>	
<p>Nichole: Prisma.</p> <p>Morgan: Prisma [interrupção]</p> <p>Morgan: Até agora nós identificamos a luz branca que entra no prisma [movimenta o indicador entre a seta de entrada e o prisma], o próprio prisma [com o indicador circula o prisma] ((2b)). O prisma [aponta para o prisma] faz o que com a luz?</p>	
<p>Joseph: Transforma ela em cores.</p> <p>Morgan: Transforma ela em cores.</p> <p>Joseph: Que é o espectro visível.</p> <p>Morgan: [Movimenta o dedo através do espectro] ((2c)) que é o espectro visível.</p>	

**Figura 8.4 - Processo de leitura em voz alta, do fenômeno da refração, conduzido pela professora Morgan (Oliveira et al., 2014, p. 661 – tradução nossa)**

Os autores do trabalho exploram este exemplo para indicar como os gestos da professora levam a uma espacialização da refração da luz com um processo físico dinâmico:

Através de uma ‘manipulação metafórica’ de um raio de luz (um objeto intangível), Morgan descreveu o fenômeno óptico de refração como uma mudança física (cor) causada por seus movimentos de mão que fisicamente enunciaram a passagem de luz branca através de um prisma (agente ou ferramenta intermediária). (OLIVEIRA *et al.*, 2014, p. 662)

Os signos mobilizados neste processo de construção coletiva de significados são os gestos, a imagem e a fala da professora (quadro 8.3).



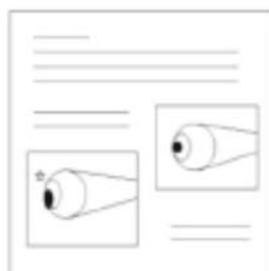
Quadro 8.3 - A integração entre três signos de diferentes modos de comunicação (o gesto, a fala e a figura)

Uma leitura mais pormenorizada da figura do prisma, feita por Oliveira *et al.*, indica que: (i) dos raios de luz provenientes de um canto superior esquerdo, fazem uma referência icônica aos raios de luz solares que, no cotidiano, apresentam incidência oblíqua vindo de cima; e (ii) a orientação da figura (o raio de luz vem da esquerda e sai à direita) é uma relação icônica com o tempo, uma vez que o ato de ler, para os leitores de língua inglesa, ocorre da esquerda para a direita, o que promove a sensação de um processo sequencial. Esta análise semiótica da figura do prisma é coerente com o referencial peirciano tanto no que diz respeito à referência ao cotidiano quanto à sequencialidade esquerda-direita da leitura (MARTINS; QUEIROZ, 2010; SANTAELLA, 2002). Neste ponto, a análise semiótica via tripleto não se mostra tão eficaz quanto a análise do signo feita pelos autores. Isto é, esta ferramenta está limitada a uma análise da semiose e, por isso, ela não dá conta de explorar todo o potencial de interpretabilidade do signo.

Por outro lado, a descrição do entrelaçamento dos signos, como mostra o quadro 8.3, indica elementos importantes na integração entre eles. Neste caso, o interpretante da fala cumpre um

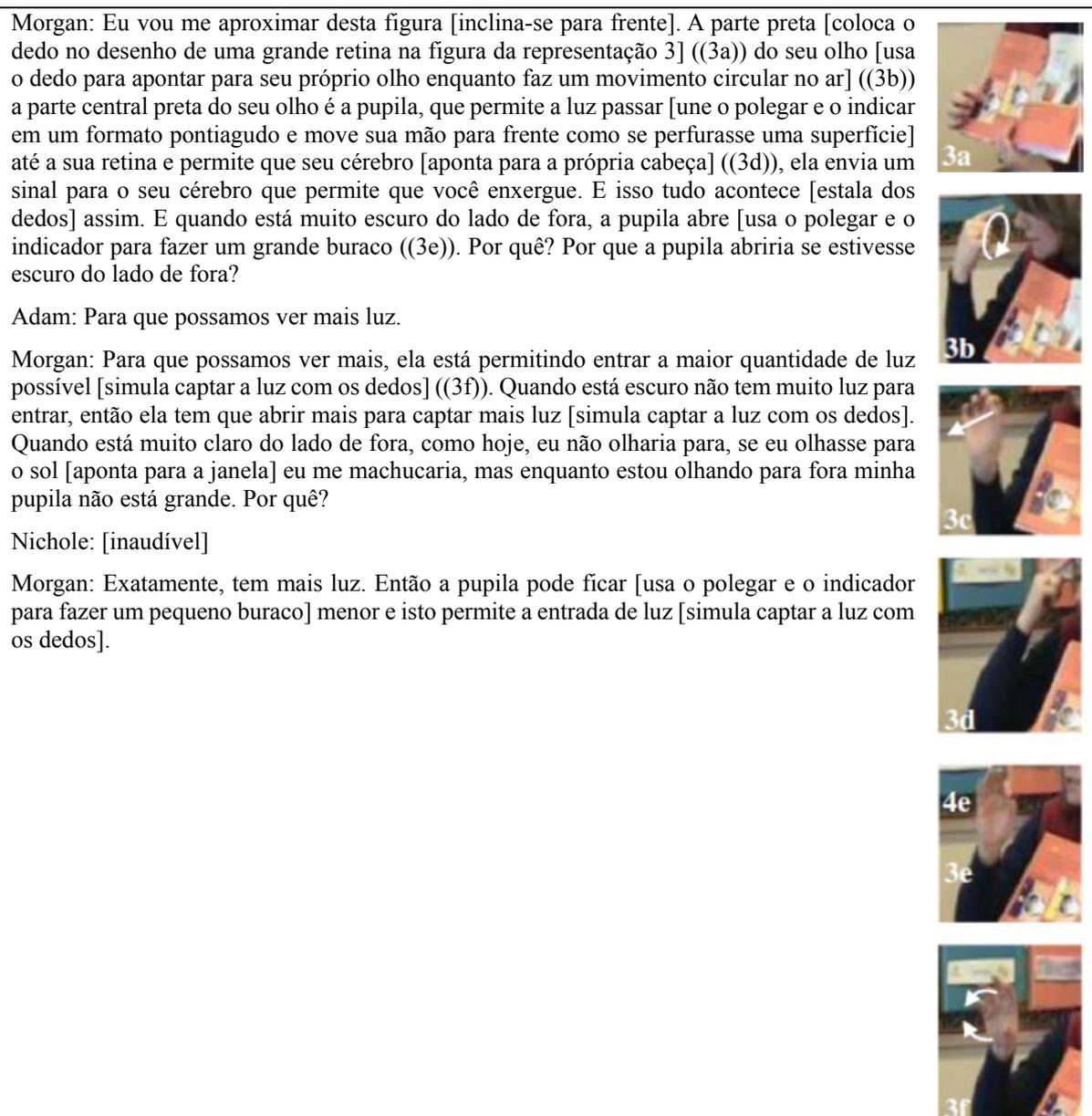
papel importante de conectar os dois outros signos. Ainda que não haja elementos comuns entre os interpretantes, como indicado, é a partir do interpretante da fala que o sujeito é capaz de conectar a figura e o gesto. Assim, ressalta-se a importância da fala, como signo, ser bem compreendida pelo estudante, de forma a construir um signo interpretante no estudante coerente com o que se espera.

O segundo momento de leitura em voz alta conduzido por Morgan se relaciona à anatomia do olho humano e ao processo de captação de luz por este órgão em ambientes claros e escuros. A figura 8.5 mostra o esboço do livro que a professora e os alunos tinham acesso durante a atividade.



**Figura 8.5 - Esboço da página do livro trabalhada por Morgan sobre anatomia do olho humano (Oliveira et. al., 2014, p.659)**

A figura 8.6 mostra o diálogo promovido pela professora em torno do tema variação do tamanho da pupila em função da intensidade de luz ambiente.



**Figura 8.6 - Processo de leitura em voz alta, sobre a anatomia do olho humano, conduzido pela professora Morgan (Oliveira et al., 2014, p. 662 – tradução nossa)**

No que diz respeito à integração entre diferentes signos, Oliveira et al. afirmam que:

Além de recorrer a gestos dêiticos<sup>23</sup>, Morgan também utilizou suas mãos para expressar iconicamente a forma e tamanho relativo de uma pupila (por exemplo, o formato circular feito com os dedos que se assemelhava à pupila, sob diferentes condições de luz), assim como fenômenos ópticos (por exemplo, movimentos lineares e de captura também feitos com os dedos que

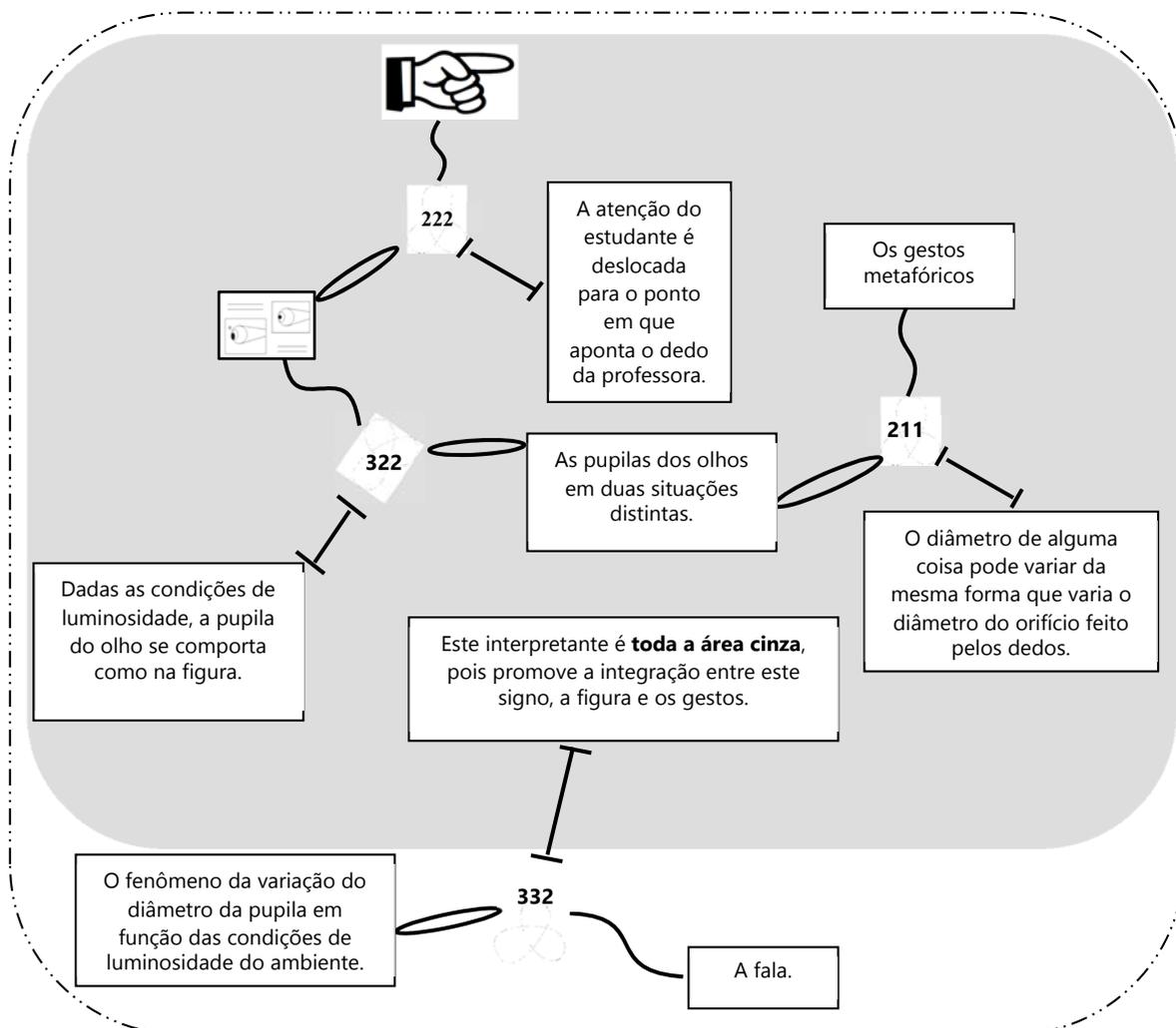
<sup>23</sup> Dêitico é o elemento de comunicação que permite localizar no tempo e no espaço aquilo que se faz referência. No contexto desta análise, alguns gestos desenvolvidos pela professora durante a atividade são dêiticos. Por exemplo, ao simular, com os gestos, um raio de luz entrando no prisma, episódio anterior, a professora está localizando o raio de luz branca espacialmente (a posição na figura) e temporalmente (antes de entrar no prisma).

se assemelhavam à luz que viaja através de um prisma e à pupila) demonstrado na representação 3 [figura 8.5 deste capítulo]. Tais gestos icônicos constituem metáforas espacializadas (Whorf 1956), isto é, movimentos metafóricos de mãos no espaço imaginário, comumente usados como representações espaciais para se pensar ideias abstratas (Boroditsky e Ramscar 2002; Gentner, Imai, e Boroditsky 2002) mais do que elementos dêiticos de localização espacial. (OLIVEIRA *et al.*, 2014, p. 663)

Os gestos que têm elementos dêiticos, como apontar, são *sinsignos indexicais remáticos*, pois ligam diretamente o interpretante ao objeto via ação do *representamen* (o gesto em si). Por outro lado, gestos que não têm elementos dêiticos se conectam aos seus objetos de forma potencial, isto é, não há um ponto existencial entre a imagem metafórica feita com as mãos e o objeto em si e, por isso, tais gestos são *sinsignos icônicos*. Por exemplo, quando se aponta para uma posição específica que se quer destacar (como quando Melissa apontou para as extremidades da estrutura hexagonal do floco de neve), a direção do dedo é influenciada pela posição do objeto que se quer demonstrar. Por isso a relação é indexical. Por outro lado, o gesto metafórico (como quando Morgan faz um gesto de captura com as mãos para representar a entrada de luz através da pupila) não é influenciado pela existência do objeto, mas o referencia por ser uma semelhança, logo uma conexão em potencial.

Os autores concluem que os gestos, sem distinguir entre seus tipos, são elementos de construção do conhecimento de forma metafórica. Assim, eles são signos importantes no processo de integração entre as MR. De fato, os gestos demarcam o dinamismo do fenômeno uma vez que a figura é estática e a fala não consegue explicitar este processo dinâmico. Concordamos com os autores quanto à classificação do gesto metafórico, como ícone, mas de maneira completa este signo deve ser entendido como um *sinsigno icônico remático*. Isto quer dizer que o caráter icônico do signo “gesto” só pode ter como interpretante um rema, isto é uma possibilidade não vinculada a um fato. Portanto, o entendimento do gesto como uma representação da pupila precisa de um entendimento mais amplo do que é um signo. Este é um problema que ocorre quando se reduz a visão peirciana do signo apenas à relação S-O. Um *sinsigno icônico* é um hipoícone e, embora seja considerado signo na sua capacidade de representação, é um “tipo de representação frágil, visto que a mediação estabelecida por meio de comparações tem sempre uma natureza hipotética, em maior ou menor grau, podendo, por isso mesmo, ser facilmente contestada” (SANTAELLA, 2012, p. 119). Os gestos podem ser, portanto, um potencial de representação da variação do formato da pupila. Sem outro signo que faça a conexão com o

fenômeno, os gestos se vinculam fragilmente à figura e ao fenômeno. O signo que faz esta conexão é a fala, mais especificamente, o interpretante da fala (quadro 8.4).



Quadro 8.4 - A análise semiótica de uma metáfora gestual em um discurso multimodal

Outro detalhe que chama a atenção na relação S-O do gesto diz respeito à referência explícita que é feita a características recortadas do objeto – em termos peircianos, a referência explícita do objeto *mediato* do signo. Isto é, o signo traz inscrito, em si mesmo, características do objeto, fazendo com que este esteja, de certa forma, acessível e mobilizável. A característica destacada no signo gesto metafórico é a variação do diâmetro da pupila e, embora as mãos não sejam as pupilas (o que explicita a não acessibilidade ao objeto real, ao objeto *dinâmico*), o objeto do gesto é a “variação do diâmetro”, o que está inscrito no gesto em si. Esta referência direta entre o signo e o objeto *mediato*, que ficou visível no triplete do signo “gesto metafórico”, contribui para detalhar aquilo que os autores estão chamando de espacialização, isto é, dar tangibilidade a conceitos abstratos a partir de gestos contextualizados no tempo e no espaço.

### 8.2.3 O professor Dave

O episódio ocorrido com o professor retrata a camuflagem (figura 8.7).



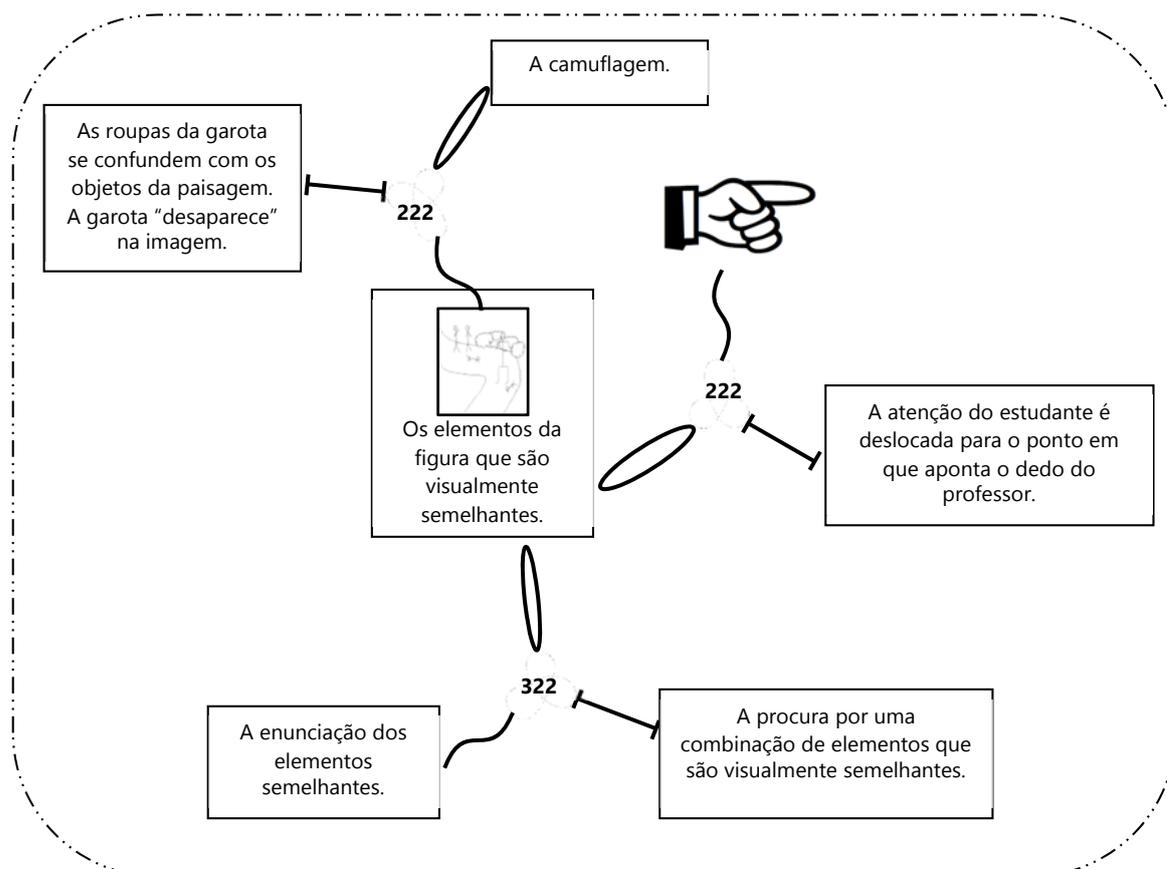
Figura 8.7 - Esboço da página do livro trabalhada por Dave sobre camuflagem (Oliveira et. al., 2014, p.659)

Dave era o único da turma que tinha o livro. Ele mostrou a figura para os alunos, que estavam sentados no chão diante dele, e apontou para elementos da figura quando julgou necessário (figura 8.8).

<p>Dave: Olhem a figura [representação 4] e vejam se vocês são capazes de imaginar sobre o que é este [livro].</p> <p>Peter: Eu acho que as roupas dela vão se misturar com as coisas.</p> <p>Dave: Você acha que as roupas dela vão se misturar com isto [coloca o indicador na blusa de Irene em seguida nos arbustos atrás dela]. Ok.</p> <p>Sam: Eu acho que ela vai se misturar com as árvores e os blocos no chão.</p> <p>Dave: Parece que ela vai se misturar com as árvores [coloca o indicador na blusa de Irene em seguida nos arbustos atrás dela] e você disse os blocos no chão [coloca o indicador na saia de Irene e no chão onde ela está em pé]. Ok.</p> <p>Sara: Eu acho que ela faz isso por que sua blusa ((4a)) combina com os arbustos [aponta, à distância, para a figura] ((4b)) e sua saia combina com os blocos [aponta, à distância, para a figura]</p> <p>Dave: [coloca o dedo nas partes da figura enquanto os alunos apontavam à distância] Bem observado.</p> <p>David: Os cabelos dela combinam com as árvores do livro.</p> <p>Dave: [coloca o dedo nos cabelos da Irene em seguida nas árvores atrás dela] Bem observado também.</p>	
--	--

Figura 8.8 - Processo de leitura em voz alta, sobre camuflagem, conduzido pelo professor Dave (Oliveira et al., 2014, p. 663 – tradução nossa)

Este processo se assemelha ao primeiro caso relatado (Melissa), sem o signo “entonação de voz” que não houve com Dave. Isto é, os estudantes desenvolveram um processo de co-construção multimodal, neste caso sobre camuflagem (o professor apontando, os alunos falando e apontando e a figura no livro). Pelo triplete, podemos observar como foi feita esta integração (quadro 8.5).



**Quadro 8.5 - A integração entre três signos de diferentes modos de comunicação (o gesto, a voz e a figura) no processo multimodal conduzido por Dave**

Oliveira *et al.* destacam, mais uma vez, a espacialização como resultado do processo multimodal. Segundo os autores, os gestos dêiticos promovem a espacialização do conceito de camuflagem ao indicar o contraste entre o objeto (garota do livro) e o ambiente de fundo (chão, árvores, arbustos). Pelo tripleto, observamos que os três signos estão interligados entre si, de forma que há uma integração visando tornar o conceito abstrato mais tangível. Novamente, tivemos relações preponderantemente indexicais no processo de espacialização de conceitos. Destacamos também que, na semiose, há uma referência do signo a características específicas do objeto que estão inscritas no próprio signo, ou seja, há uma referência ao objeto imediato.

### 8.3 A ANÁLISE DOS DADOS DO ARTIGO

Depois da análise detalhada de cada caso, os pesquisadores desenvolveram uma análise geral do processo de construção de sentidos na leitura em voz alta sob a perspectiva do discurso multimodal. O primeiro panorama apresentado pelos autores é uma comparação das diferentes ferramentas semióticas utilizadas nos quatro episódios descritos. Segundo Oliveira *et al.* (2014, p. 665):

Os resultados indicam que, semioticamente, a leitura em voz alta de textos científicos vai além do texto em si. Além de tornar o texto escrito oralmente disponível para os estudantes, os professores também utilizam diferentes tipos de gestos (de apontar e gestos representativos) e representações pictóricas (com características conceituais ou narrativas) à medida que eles tentam auxiliar os estudantes no entendimento das ideias científicas que estão sendo discutidas.

As discussões via triplete apresentam esta mesma característica. Isto é, os quadros em que mostramos a análise semiótica dos episódios (quadro 8.2, quadro 8.3, quadro 8.4 e quadro 8.5) também mostram uma diversidade de signos utilizados pelos professores. A única diferença que encontramos entre nossa análise e a dos autores neste ponto se refere ao quadro 8.2, no qual acrescentamos a entonação da voz e o texto em si como signos importantes no processo de construção de sentidos. No entanto, esta diferença não é devida ao uso do triplete, mas a uma visão mais ampla do que é o signo peirciano.

Outro resultado destacado pelos autores indica a importância das representações pictóricas como recursos icônicos no processo de produção de sentidos científicos. Uma visão ingênua da semiótica peirciana classifica toda imagem como sendo ícone. Não discordamos que em toda imagem há um caráter icônico, porém nem sempre é a característica icônica que prevalece na análise do signo e da semiose. Como destaca Santaella (2002), se uma imagem faz referência direta a um existente externo, o caráter indicial é mais marcante do que o caráter icônico. Por exemplo, o diálogo conduzido por Melissa com seus alunos começa questionando a aparência do floco de neve como se aquilo que era mostrado na figura não fosse real. Em seguida, ela lê o texto destacando que aquela figura é uma ampliação, de forma que o floco de neve não é visto com aquele formato a olho nu. Assim, o texto estabelece que aquela figura deve ser interpretada como sendo referente a um objeto real e existente. Sendo assim, aquela figura é preponderantemente indexical, ainda que tenha características icônicas relevantes.

Se, por um lado, discordamos da classificação de que toda imagem é icônica, por outro concordamos que as figuras são um importante recurso na produção de sentidos e não apenas como fatores para despertar o interesse do aluno. As análises via triplete explicitadas nos quadros 8.2, 8.3, 8.4 e 8.5 mostram que a figura é o signo central de todos os processos de significação e também tem o maior número de conexões com outros signos. Estes dados dão suporte à conclusão dos autores e evidenciam que as figuras não são apenas fatores de

---

engajamento do estudante; elas são signos que participam do processo de construção do conhecimento.

Por fim, Oliveira *et al.* (2014) discutem sobre a importância dos gestos para aspectos espaciais da multimodalidade. Eles distinguiram dois tipos de gestos: os dêiticos e os metafóricos. Os gestos dêiticos, fundamentalmente o gesto de apontar, localiza no espaço e no tempo o objeto daquilo que se fala. Segundo os autores, ele cumpre um papel importante para ensinar os estudantes como ler figuras. Isto é, o professor orienta, via apontamentos, a sequência em que uma figura deve ser lida. Por outro lado, os gestos metafóricos são um suporte para a construção de conceitos por parte dos estudantes, promovendo uma linguagem imagética para conceitos abstratos, para os quais os estudantes podem ter dificuldade de criar, sozinhos, uma imagem. Não obtivemos, via triplete, nenhuma informação acerca destas conclusões obtidas pelos autores. Por outro lado, a análise semiótica que desenvolvemos mostrou que a relação entre o *representamen* “gesto” e o objeto deste *representamen* é de tal forma que aquilo que se referencia do objeto no processo de significação está inscrito no próprio gesto. Por exemplo, o gesto de apontar indica uma posição e o objeto que ele indica se encontra na mesma posição. Portanto, a posição do objeto está inscrita no próprio gesto. Outro exemplo ocorre quando Morgan diminuiu e aumentou o orifício feito com os dedos da mão para, analogicamente, indicar a variação do diâmetro da pupila. Os gestos têm inscrito em si mesmo a variação do tamanho, que é o objeto que se quer representar.

Assim, apresentamos com esta análise evidências que dão suporte a afirmações anteriores dos autores de que os gestos tornam conceitos abstratos mais tangíveis. Portanto, aquilo que está distante e inacessível torna-se palpável neste processo de construção de sentidos, uma vez que parte do objeto representado pelo gesto (*representamen*) é componente constitutivo do signo.

#### 8.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DO TRIPLETO NA RELEITURA DE DADOS

Não nos cabe, neste trabalho, fazer um parecer crítico acerca da utilização de conceitos peircianos por parte dos autores do artigo ora analisado. Como já expusemos na revisão da literatura, Oliveira *et al.*(2014) fazem uma simplificação do signo peirciano e, conseqüentemente, cometem alguns equívocos devido a distorções relativas às concepções de

---

Peirce. Assim, nesta seção, vamos nos limitar a discutir os avanços e limitações do triplete em comparação com os resultados apontados pelos pesquisadores, ainda que tenhamos ressalvas teóricas.

Nosso objetivo com a releitura dos dados foi o de apresentar uma validação do triplete como ferramenta de análise semiótica. Seguindo este propósito, exibimos ao longo deste capítulo resultados amparados na análise via triplete e comparamos com os resultados da análise semiótica promovida pelos pesquisadores.

No início deste capítulo expusemos a intenção de mostrar a viabilidade da análise semiótica via triplete em diferentes modos semióticos (além das representações bidimensionais que aplicamos no capítulo 7). Amparados na perspectiva peirciana de que tudo é um signo quando representa algo para alguém, utilizamos o triplete mostrando que é possível integrar semioticamente gesto, fala, figura, enfim, diferentes signos em diferentes modos de comunicação. Além de integrar os diferentes signos, a perspectiva de entender o signo de forma ampla, que defendemos como sendo coerente com Peirce, nos permitiu identificar que a ênfase na voz da professora Melissa foi um signo importante na construção de sentidos. Ainda que essa ênfase não seja diretamente relacionada ao conceito trabalhado, com esse signo ela destacou elementos que julgou relevantes no processo de construção do conhecimento. Assim, pudemos analisar semioticamente via triplete a integração de diferentes signos, até mesmo daqueles que não são representações, como a ênfase na voz da professora.

Na maior parte das vezes, nossas análises estavam em acordo com os resultados dos autores. Por exemplo, no caso de Melissa concordamos que “a noção abstrata da regularidade da estrutura cristalina foi *especializada* (...), isto é, coletiva e sistematicamente transformada em uma sequência de movimentos concretos e tangíveis da mão em um espaço físico” (OLIVEIRA *et al.*, 2014, p. 660, grifo do autor). Naquele momento da análise levantamos três hipóteses para explicar a espacialização: (i) a figura ser o objeto de vários outros signos; (ii) a semiose promover uma referência ao objeto imediato; e (iii) a relação S-O ser preponderantemente indexical. A repetição da análise via triplete nos demais casos nos deu evidências de que o efeito de tornar tangível algumas noções abstratas está associado ao fato de a semiose fazer uma referência ao objeto *imediato*. Dessa forma, concordamos com os autores sobre a espacialização, mas o uso do triplete contribuiu efetivamente para acrescentar informações às conclusões obtidas pelos autores, oferecendo evidências sobre como se dá esta espacialização.

---

Os autores do artigo concluem, ainda, que as figuras são partes constitutivas do processo de construção de sentidos. A partir da análise via triplete chegamos à mesma conclusão, visto que a figura é um elemento central de integração entre diferentes signos nos quatro episódios discutidos. Neste sentido, a análise utilizando a ferramenta proposta nesta tese não ofereceu nenhuma informação adicional àquela já indicada pelos autores, mas seus resultados são coerentes com o que os autores indicam.

Por fim, os autores se propuseram a analisar a representação da dispersão da luz no prisma de uma forma diferente dos demais. Naquela situação, eles descreveram todo o potencial de interpretabilidade possível da figura, isto é, fizeram uma análise semiótica do prisma observando as categorias de Primeiridade, Secundidade e Terceiridade, ainda que não as tenham definido assim. Como dissemos no capítulo 5, a ferramenta que propomos visa analisar a semiose, ou seja, a ação do signo. Não conseguimos, com o triplete, fazer uma análise pormenorizada do signo com a devida atenção às três categorias peircianas. Acreditamos que esta análise detalhada é importante no processo de construção do conhecimento. Porém, dadas as limitações de alcance que qualquer ferramenta de análise possui, esta limitação do triplete foi um recorte consciente que fizemos. Como já afirmamos no capítulo 5, optamos por propor uma análise da semiose e não do signo, uma vez que não encontramos a primeira na literatura, ao contrário do ocorrido com a segunda.

---

## CAPÍTULO 9. CONCLUSÕES

Os objetivos propostos para este trabalho foram: (i) entender como a combinação de diferentes signos na construção do conhecimento pode ser analisada a partir do referencial peirciano; e (ii) criar uma ferramenta, a partir deste referencial semiótico, para servir de referencial teórico e metodológico na análise do processo de integração entre MR.

No que diz respeito ao primeiro objetivo, a primeira contribuição do trabalho foi ser rigoroso e coerente com a concepção peirciana de signo.

Para Peirce, tudo é um signo, desde de que represente algo para alguém. Esta concepção nos ajudou a entender que a ausência, quando percebida, também foi um signo. Sendo assim, a ausência foi uma representação. Na análise do processo de atribuição de sentidos (capítulo 7), Luíza afirmou que a força resultante sobre o arquivo era nula a partir da ausência de um vetor força resultante. Isto é, a ausência notada foi um signo para força resultante nula. A semiótica peirciana nos permitiu inserir a ideia de que uma ausência pode ser uma representação. Além disso, a semiótica de Peirce destaca a importância da relação triádica entre S-O-I. Isto é, ao atribuir um papel fundamental ao interpretante, Peirce vai além da visão dualista de que o ato de representar é uma relação entre a representação e o objeto representado. Dessa forma, o signo interpretante foi inserido como elo que permitiu unir a representação ao objeto representado, colocando em foco, em uma extrapolação para o ensino, o papel do estudante como agente ativo na construção do próprio entendimento sobre das representações no Ensino de Ciências. Esta perspectiva é coerente com as linhas de pesquisa recentes da área que consideram processos cognitivos prévios dos estudantes como base para o desenvolvimento de novos conhecimentos (como, por exemplo, o processo de assimilação/acomodação de Piaget ou a aprendizagem significativa de Ausubel).

Assim, entender como os signos são integrados num processo de construção de sentidos passa por compreender que: (i) tudo o que é percebido por alguém como indicando algo é um signo; (ii) este signo é triádico, ou seja, resulta de um processo ativo por parte de quem interpreta o signo; e (iii) o processo de integração de signos envolve a ação do signo, logo a análise da combinação dos signos é, de certa forma, a análise da semiose. Portanto, as combinações entre

---

os diferentes signos são parte constitutiva dos signos interpretantes que são formados pelos atores dos processos de ensino e aprendizagem.

No que diz respeito ao segundo objetivo, apresentamos uma ferramenta de análise semiótica, a partir da definição triádica do signo de Peirce. Partindo do tripé, diagrama utilizado na literatura dos comentadores de Peirce, construímos o triplete de tal forma que pudéssemos representar e analisar uma grande quantidade de informações semióticas em um único diagrama que fosse coerente com a teoria semiótica de Peirce. Assim, o triplete: (i) é triádico, amarrado por um nó borromeano; (ii) identifica visualmente o *representamen*, o objeto e o interpretante; (iii) apresenta a classificação sígnica; e (iv) permite a identificação de como os signos se integram semioticamente na relação multirrepresentacional. Por outro lado, o triplete é uma ferramenta que pretendeu analisar a semiose, isto é, a ação do signo sobre o indivíduo. Como lembram Albuquerque e Carneiro-Leão (2015) nenhum signo pode ter relação S-O-I estática, pois esta relação é contextualizada no tempo e no espaço precisando sempre ser revista. Por isso, reforçamos que não analisamos os signos, mas as semioses destes signos, isto é, as ações do signo que ocorreram em cada processo. Mas a ação do signo sobre um indivíduo gera interpretantes inacessíveis para terceiros que busquem compreendê-los. No entanto, entendemos que esta limitação, que foi exposta no capítulo 5, é inerente a qualquer ferramenta que pretenda analisar construções cognitivas internas do indivíduo (como modelos mentais).

O triplete oferece, portanto, uma grande quantidade de informações semióticas. Esta amplitude é um ponto positivo no que diz respeito ao alcance da ferramenta, mas é negativo no que diz respeito à sua aplicação em contextos específicos de pesquisa. Por exemplo, a classificação sígnica não foi um elemento relevante nas duas análises fizemos: a integração multirrepresentacional do capítulo 7 e a produção de sentidos no discurso multimodal do capítulo 8. Isto porque em nenhuma delas essa classificação agregou informações relevantes ao processo de atribuição de sentidos. Por outro lado, concordamos que a classificação sígnica segue uma hierarquia de complexidade levando o indivíduo a promover interpretantes dinâmicos em níveis lógicos, ou, em outras palavras, desenvolvendo hábitos de ação (cognitivos ou não) que englobem classes de situações e não apenas relações factuais (DE TIENNE, 2003; QUEIROZ, 2004, 2007; SAVAN, 1976). Assim, em uma pesquisa cujo objetivo seja compreender o desenvolvimento de interpretantes, tendendo para um interpretante dinâmico em nível lógico coerente com o consenso acordado pela Ciência, o triplete oferece a

---

classificação sígnica, que é informação relevante neste processo. Desta forma, o tripleto se mostrou uma ferramenta com grande alcance, mas que não precisa necessariamente de todas as informações contidas nele para ser utilizado.

Neste trabalho exploramos o tripleto para (i) entender o processo de atribuição de sentidos quando MR são integradas por uma licencianda em Física; e (ii) reinterpretar dados de uma pesquisa sobre múltiplos modos de comunicação. Nas duas situações, discutimos a aplicabilidade da ferramenta, a coerência dos resultados encontrados com processos cognitivos já mapeados pela literatura e sua relevância, ou seja, a capacidade de fornecer novas perspectivas, agregando conhecimento para a área.

Quanto à aplicabilidade, a tripleto se mostrou viável como ferramenta de análise nessas situações distintas. Ao descrever o processo de análise utilizado em cada um desses capítulos, indicamos os passos que desenvolvemos para aplicar a ferramenta e identificar os elementos integradores dos signos, isto é, se os signos se integram por seus objetos, interpretantes ou pelo *representamen*. Como mencionado anteriormente, a grande quantidade de informações que ele traz pode ser um dificultador para sua aplicação. Por outro lado, o tripleto foi construído de tal forma que pode ser simplificado, retirando algumas informações não relevantes para uma dada análise, sem perder o rigor com a semiótica peirciana.

Quanto à coerência, trouxemos o referencial da literatura do Ensino de Ciências que se coaduna com resultados apontados nas nossas análises. Por exemplo, em situações de conflito cognitivo, os estudantes tendem a manter suas concepções intactas e alterar, de alguma maneira, a interpretação da informação conflituosa. Na entrevista conduzida, a análise via tripleto evidenciou que, nas situações de conflito (como, por exemplo, no episódio envolvendo a  $F_G$  e uma seta para cima, quadro 7.9), a licencianda protegeu suas concepções de que a força Gravitacional deveria ser para baixo modificando o objeto do signo. Também na análise do capítulo 7 observamos que a licencianda apresentou dificuldades de integrar signos que estavam distantes entre si na tela, mais uma vez em concordância com o que aponta a literatura. Além destas duas situações, destacamos, em coerência com a literatura, que um signo composto pela integração de diferentes signos vai além da simples união dos signos isolados. Também temos indícios de que Luíza utilizou de interpretantes que ela já possuía para, em conjunto com o interpretante do signo, construir interpretantes mais complexos visando um interpretante final. Quando Luíza fez referência ao objeto dinâmico, isto é, quando seu interpretante remeteu a

---

características que não estavam inscritas no próprio signo, ela o fez por mobilizar interpretantes que ela já possuía. Novamente, isto é coerente com as discussões na área que apontam que a construção do conhecimento tem, como um forte componente, as concepções já existentes dos estudantes. No entanto, o quesito coerência ganha relevância, para nós, a partir da análise feita no capítulo 8. A comparação das nossas análises com as conduzidas pelos autores de um artigo sobre produção de sentidos em um discurso multimodal revelou grande coerência de resultados. Tivemos algumas divergências que apontamos ao longo do caminho, mas que se referem exclusivamente à uma divergência de interpretação da semiótica de Peirce. Isto é, nossas discordâncias com os autores do trabalho são de ordem teórica e não metodológica, de forma que, dirimidas as divergências teóricas, a aplicação da ferramenta de análise se mostrou totalmente coerente com a análise semiótica promovida pelos pesquisadores. Isto se evidencia nas situações em que nossa interpretação teórica era semelhante à dos autores, isto é, nossos resultados eram referendados pelas interpretações semelhantes apontadas pelos autores. Assim, a coerência entre nossos resultados da análise da entrevista da licencianda (capítulo 7) e o que encontramos na literatura e, em especial, as concordâncias entre nossas análises e as análises dos autores de uma pesquisa internacional (capítulo 8) são, para nós, indícios marcantes de validação da ferramenta.

Por fim, nos resta apontar os elementos nos quais a ferramenta apresentou novas informações e perspectivas de análise sobre o objeto de estudo. Tal critério é fundamental para justificar a existência desta nova ferramenta, isto é, caso ela não trouxesse nenhuma novidade, não teria sentido termos criado este instrumento, ainda que ele fosse aplicável e coerente. Como as novas contribuições que percebemos geralmente nos levaram a recomendar pesquisas de aprofundamento, discutimos esta contribuição juntamente com as implicações do trabalho.

## 9.1 IMPLICAÇÕES

Um objetivo que norteou este trabalho, apesar de não constituir uma questão de pesquisa, foi discutir a semiótica de Peirce mais amplamente visando fomentar a discussão sobre as teorias deste autor no contexto do Ensino de Ciências. Apresentamos, no capítulo 4, uma discussão aprofundada das concepções peircianas e achamos relevante destacar o papel do interpretante no processo de aprendizagem. Acreditamos, como o próprio Peirce já sinalizava e diversos comentadores seus também indicam (DE TIENNE, 2003; PEIRCE, 1931-1935, 1958;

---

QUEIROZ, 2004; QUEIROZ; MERRELL, 2006; SAVAN, 1976), que o signo é o ponto chave no processo de construção do pensamento, visto como um desenvolvimento para um interpretante final. Assim, a primeira implicação deste trabalho que indicamos é um estudo mais aprofundado do interpretante na teoria peirciana, pois as concepções de Peirce sobre este signo também são teorias de construção do conhecimento. Sendo assim, elas podem dialogar com as diferentes teorias de desenvolvimento cognitivo do Ensino de Ciências propiciando um avanço no nosso entendimento sobre o processo de construção de conhecimento. Em particular, pensar nos interpretantes como sendo emocional, energético e lógico, entendendo os mesmos como categorias de Primeiridade, Secundidade e Terceiridade na construção do interpretante dinâmico visando o interpretante final, pode contribuir para entender um caminho desenvolvido na construção do conhecimento, indicando que o processo de aprendizagem passa pela contemplação, pela relação factual para posterior generalização. Assim, este é um convite à área para que mergulhemos na semiótica peirciana, não como o toque de Midas, mas como um elemento a mais para dialogar com outras concepções de aprendizagem já consolidadas no campo.

Especificamente sobre a ferramenta construída, destacamos alguns resultados que lançam nova perspectiva sobre questões já discutidas na área. No capítulo 7, Luíza modificou seu discurso sobre a figura icônica de uma pessoa quando ela deixou de se referir a um boneco e passou a usar a palavra homem (diálogo 20, quadro 7.12). Em outras palavras, ocorreu uma mudança que partiu de uma interpretação potencial para uma interpretação que conecta a simulação com os fatos externos à ela e semelhantes a uma vida cotidiana. Além disso, as relações sígnicas que criaram a representação de um ambiente mundano (imagens pictóricas que criaram um contexto – árvore, casa, chão) foram importantes para modificar a maneira como ela via o signo. Desta forma, criou-se uma ponte entre a simulação e o mundo real. Inferimos, a partir da percepção desta conexão, que a simulação pode ter propiciado à licencianda conectar os possíveis fenômenos estudados na simulação com esses mesmos fenômenos em situações reais. Esta ligação entre fenômenos simulados e reais precisa ser mais investigada se acreditamos no potencial da simulação como ferramenta do processo de aprendizagem. Por exemplo, acreditamos que a forma como o signo referencia o objeto, isto é, se na semiose há uma referência explícita ao objeto dinâmico ou ao imediato pode contribuir com pesquisas que visem, por exemplo, entender como os estudantes conectam as representações simuladas com a realidade. Uma pesquisa com este objetivo deverá ter uma metodologia de coleta de dados

---

que propicie aos pesquisadores identificar de forma clara se na semiose há uma referência explícita às características recortados do objeto e inscritas no próprio signo (o objeto imediato) ou ao objeto como um todo extrapolando as características possíveis de serem representados por determinado signo (o objeto dinâmico). Tal distinção pode ajudar a compreender o status ontológico que o estudante atribui à relação entre o signo e o objeto representado no contexto da pesquisa e, conseqüentemente, contribuir com a discussão do potencial das simulações computacionais como ferramenta nos processos de ensino e aprendizagem. Desta maneira, a análise sónica pode contribuir para a discussão de questões de pesquisas tais como: (i) como os alunos vinculam os fatos reais aos simulados conectando os fenômenos estudados e as imagens da tela?; e (ii) qual a importância dos elementos pictóricos de contexto (árvore, casa, fundo azulado – céu) para que os estudantes façam a conexão entre a simulação e os fatos reais?

Outro ponto em que a análise semiótica sugere uma nova perspectiva, e conseqüentemente solicita um aprofundamento, é a situação de conflito cognitivo. Em dois episódios (quadro 7.9 e quadro 7.21), Luíza se mostrou surpresa com resultados não esperados por ela. No primeiro episódio, a concepção da licencianda de que a força gravitacional tem que ser para baixo era tão forte que ela modificou o objeto do *representamen*, criando um novo signo. No segundo, ela não modificou o objeto do *representamen*, apenas o interpretante. Em ambos os casos ela protegeu suas concepções prévias (CHINN; BREWER, 1998; DUARTE, 2010; DUNBAR, 2000; LIN, 2007), mas a análise semiótica indicou que a forma como a licencianda fez isto foi diferente em cada caso. Não temos como entender porque houve esta diferença, pois a entrevista não foi pensada para isso e não nos fornece informações suficientes para análise. Mas há um indício de que os processos são diferentes e que o referencial peirciano pode contribuir para um maior entendimento dos mesmos em pesquisas futuras.

Além dessa diferença, no episódio descrito no quadro 7.21 temos um indício de que a classificação sónica pode ter sido determinante para que Luíza acreditasse na simulação como fonte confiável de informações e optasse por descartar suas conclusões obtidas a partir da interpretação do vetor. Sabemos que não é possível afirmar, com apenas um caso, que a classificação sónica foi determinante para que Luíza creditasse à simulação maior credibilidade do que ao vetor. No entanto, acreditamos que este fator contribui para o entendimento de como os estudantes integram representações e a quais eles creditam maior credibilidade. Compreender como os estudantes dão crédito a representações em simulações nos permite

---

elaborar simulações computacionais mais efetivas, isto é, que deem segurança para que os estudantes construam seu processo de aprendizagem confiantes na ferramenta que estão utilizando. Sendo assim, sugerimos pesquisas futuras utilizando a análise semiótica para entender o papel que os estudantes atribuem às representações simuladas quando são integradas por eles.

Outra contribuição da ferramenta e que sugere novas pesquisas se relaciona com o resultado indicado por Oliveira et al. (2014) sobre a espacialização e objetivação de elementos abstratos. Segundo os autores, os gestos contribuem para tornar elementos abstratos mais tangíveis. Aprofundando a análise dos autores, temos três hipóteses para entender este efeito: (i) ou os signos que contribuem para tornar os elementos mais tangíveis estão conectados sempre pelo objeto; (ii) e/ou a relação S-O é caracterizada por ser indexical; (iii) e/ou a semiose faz uma referência a características do objeto inerentes ao signo (o objeto imediato). Este é um indício que estamos encontrando a partir do uso do triplete, e recomendamos mais pesquisas para compreender de forma mais ampla este processo de tornar conceitos mais abstratos em elementos tangíveis para os estudantes.

A análise do quadro 7.22 mostrou que Luíza confundiu o objeto representado no *representamen* gráfico, isto é, ela atribuiu ao gráfico de velocidade em função do tempo a capacidade de representar a força aplicada sobre o objeto. Ao explicitar a semiose do signo gráfico percebemos que ela inseriu elementos do interpretante no objeto. Sendo assim, houve uma confusão de entendimento da representação por parte da licencianda que pode sugerir uma inadequação conceitual. O referencial peirciano explicitou o que ela estaria confundindo, isto é, indicou que ela estava atribuindo ao *representamen* a representação de um objeto que ele efetivamente não representa. Este resultado retoma a importância de se discutir com o professor em formação a forma como representações podem ser utilizadas no processo de ensino. Não temos motivo para acreditar que Luíza confundisse os conceitos de velocidade e aceleração. No entanto, a forma como ela expôs suas ideias fez com que ela atribuísse um objeto a um signo que não podem ser representados por ele. Caso Luíza venha a fazer isso em sala de aula, ela pode conduzir alunos do Ensino Médio a misturar o significado dos dois conceitos. Sendo assim, destacamos a importância de se discutir o papel das representações e como elas se integram nos cursos de formação de professores.

---

Nos episódios analisados nos quadros 7.17 e 7.18, a licencianda fez uma integração entre os objetos de dois signos diferentes. No primeiro caso, houve uma inadequação conceitual e, na segunda, ela fez a integração de maneira coerente com o cientificamente esperado, isto é, sem inadequação conceitual. Sendo assim, é preciso ser cuidadoso ao propor, didaticamente, a integração de duas representações e analisar como os objetos se integram nesta relação. É claro que um único caso e exemplo não é suficiente para subsidiar nenhuma conclusão, mas ele aponta um caminho de estudo para se entender potenciais equívocos feitos pelos estudantes.

Retomando o objetivo deste trabalho, a criação de uma ferramenta de análise semiótica, acreditamos ter indicado, através das implicações levantadas aqui, o potencial de exploração da ferramenta criada. Assim, os resultados discutidos ao longo deste trabalho mostram que uma análise semiótica, levando em consideração o rigor da teoria peirciana, pode contribuir para o entendimento de processos de ensino e aprendizagem em Ciências.

## 9.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Trouxemos, neste trabalho, uma contribuição à discussão sobre representações, discutindo, em especial, a integração entre MR no Ensino de Ciências. Para isso, nos fundamentamos na semiótica de Peirce, isto é, na percepção da representação como um signo que representa algo para alguém. Visto que há poucos trabalhos que utilizam as ideias de Peirce nas discussões sobre representações e que, aqueles que o fazem, muitas vezes simplificam em demasia suas concepções, avaliamos que uma importante contribuição deste trabalho é, justamente, a profundidade e coerência com a perspectiva semiótica peirciana utilizada nesta pesquisa. Peirce deixou um legado de cerca de 12 mil páginas publicadas e aproximadamente 90 mil manuscritos não publicados<sup>24</sup> (a maior parte ainda não publicada até hoje). A extensão e complexidade de sua obra fazem do estudo sobre seus pensamentos uma tarefa árdua. No entanto, debruçar sobre suas ideias pode trazer frutos para os mais variados ramos da Ciência. Dessa forma, acreditamos

---

<sup>24</sup> Segundo o Peirce Edition Project (<http://peirce.iupui.edu/>) da universidade de Indiana, EUA. Desde a década de 1970, este projeto conseguiu guardar, em microfilme, todas as páginas manuscritas de Peirce que foram encontradas. Porém, a organização deste material é demorada, o que resulta em grande parte deste material ainda ser desconhecido do público.

---

que contribuímos para a pesquisa em Ensino de Ciências ao trazer o referencial peirciano de forma mais ampla e rigorosa para este campo.

Além disso, propusemos uma forma prática de utilizar este referencial em pesquisas empíricas através de uma ferramenta de análise semiótica: o triplete. Através do triplete analisamos como os signos se integram em processos de relação multirrepresentacional e em espaços de discurso multimodal. Cabe destacar que o triplete é uma ferramenta de análise da semiose, isto é, da ação do signo. Não tivemos a pretensão de criar uma ferramenta de análise do signo, visto ser este um trabalho de Sísifo<sup>25</sup>, mas sim uma ferramenta que pudesse fornecer informações sobre o efeito deste signo, em outras palavras, sobre os interpretantes criados durante o processo de produção de sentidos.

O principal produto final desta tese é, portanto, esta ferramenta de análise semiótica. As análises que desenvolvemos neste trabalho mostraram que o triplete é aplicável, coerente e relevante, características fundamentais para uma ferramenta de análise. Sendo assim, acreditamos que o produto deste trabalho tem potencial para ser aplicado em diferentes pesquisas, isto é, que nossa contribuição possa render frutos através da aplicação do triplete em outras pesquisas.

---

<sup>25</sup> Termo que faz referência à mitologia grega e significa um trabalho interminável e sem nenhuma finalidade proveitosa.

---

## CAPÍTULO 10. REFERÊNCIAS

ADADAN, E.; IRVING, K. E.; TRUNDLE, K. C. Impacts of Multi-representational: Instruction on High School Students' Conceptual Understandings of the Particulate Nature of Matter. **International Journal of Science Education**, v. 31, n. 13, p. 1743-1775, 2009.

ADAMS, W. K. et al. A Study of Educational Simulations Part II – Interface Design. **Journal of Interactive Learning Research**, v. 19, n. 4, p. 551-577, 2008a.

ADAMS, W. K. et al. A Study of Educational Simulations Part I - Engagement and Learning. **Journal of Interactive Learning Research**, v. 19, n. 3, p. 397-419, 2008b.

AINSWORTH, S. The functions of multiple representations. **Computers & Education**, v. 33, p. 131-152, 1999.

AINSWORTH, S. DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. **Learning and Instruction**, v. 16, p. 183-198, 2006.

ALBUQUERQUE, T. C. C. DE; CARNEIRO-LEÃO, A. M. DOS A. **Pesquisas e estudos sobre semiótica Peirceana na área de Ensino de Ciências – um estudo das tendências de pesquisa no ENPEC (2005-2014)**. X ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. **Anais do ...** Águas de Lindoia: 24 nov. 2015.

ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUDART, N. Objetos de aprendizagem no ensino de física: usando simulações do PhET. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, p. 27-31, 2010.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciência**, v. 4, n. 3, p. 5-18, 2004.

BERGER, J. **Ways of Seeing**. London: Penguin Books, 1972.

BERTHOLD, K.; EYSINK, T. H. S.; RENKL, A. Assisting self-explanation prompts are more effective than open prompts when learning with multiple representations. **Instructional Science**, v. 37, p. 345-363, 2009.

BODEMER, D. et al. The active integration of information during learning with dynamic and interactive visualizations. **Learning and Instruction**, v. 14, p. 325-341, 2004.

BORGES, O. N. et al. **Situações Inesperadas no Laboratório Escolar**. VIII ENCONTRO DE PESQUISA NO ENSINO DE FÍSICA. **Anais do ...** 2002.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC-SEMTEC, 2002.

---

CHINN, C. A.; BREWER, W. F. An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 35, n. 6, p. 623-654, 1998.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research Methods in Education**. 5. ed. London and New York: Routledge, 2000.

DE JONG, T. Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. **Instructional Science**, v. 38, p. 105-134, 2010.

DE TIENNE, A. Learning qua semiosis. **S.E.E.D. Journal (Semiotics, Evolution, Energy, and Development)**, v. 3, n. 3, p. 37-53, 2003.

DUARTE, M. **Reações de estudantes frente a dados inesperados**. Belo Horizonte: (Dissertação de mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, 2010.

DUFRESNE, R. J.; GERACE, W. J.; LEONARD, W. J. Solving Physics Problems with Multiple Representations. **The Physics Teacher**, v. 35, p. 270, 1997.

DUNBAR, K. How scientists think in the real world: Implications for science education. **Journal of Applied Developmental Psychology**, v. 21, n. 1, p. 49-58, 2000.

EILAM, B.; POYAS, Y. Learning with multiple representations: Extending multimedia learning beyond the lab. **Learning and Instruction**, v. 18, p. 368-378, 2008.

FARIAS, P. **Sign Design, ou o design dos signos: a construção de diagramas dinâmicos das classes de signos de CS Peirce**. São Paulo: (Tese de doutorado) Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2002.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 13, 2003.

FLICK, U. **An introduction to qualitative research**. Los Angeles: Sage, 2009.

GASPAR, A. **Física 2**. São Paulo: Ática, 2009.

GOLDMAN, S. R. Commentary: Learning in complex domains: when and why do multiple representations help? **Learning and Instruction**, v. 13, p. 239-244, 2003.

GUIMARÃES, L. A.; FONTE BOA, M. C. **Física / Mecânica**. Niteroi/RJ: Galera Hipermídia, 2006.

---

HUBBER, P.; TYTLER, R.; HASLAM, F. Teaching and Learning about Force with a Representational Focus: Pedagogy and Teacher Change. **Research in Science Education**, v. 40, n. 1, p. 5-28, 2010.

KINOUCHE, R. R. Introdução: A lógica da ciência em Charles Sanders Peirce. In: **Ilustrações da Lógica da Ciência**. São Paulo: Ideias & Letras, 2008.

KLEIN, P. D.; KIRKPATRICK, L. C. Multimodal Literacies in Science: Currency, Coherence and Focus. **Research in Science Education**, v. 40, n. 1, p. 87-92, 2010.

KLEIN, T. A. S. **Perspectiva semiótica sobre o uso de imagens na aprendizagem significativa do conceito de biotecnologia por alunos do ensino médio**. Londrina: (Tese de doutorado). Paraná: Universidade Estadual de Londrina, 2011.

KLEIN, T. A. S.; LABURÚ, C. E. Multimodos de representação e teoria da aprendizagem significativa: possíveis interconexões na construção do conceito de biotecnologia. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 2, p. 137-152, 2012.

KNORR-CETINA, K.; AMANN, K. Image Dissection in Natural Scientific Inquiry. **Science, Technology and Human Values**, v. 15, n. 3, p. 259-283, 1990.

KOZMA, R. The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. **Learning and Instruction**, v. 13, p. 205-226, 2003.

KVALE, S. Dominance Through Interviews and Dialogues. **Qualitative Inquiry**, v. 12, n. 3, p. 480-500, 2006.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; SILVA, O. H. M. DA. Construção dos Conceitos de Física de Estudantes Apoiada em Relações Sintagmáticas e Paradigmáticas/Construction of Students' Physics Concepts Supported by Syntagmatic and Paradigmatic Relations. **Acta Scientiae**, v. 16, n. 1, p. 93-113, 2014.

LABURÚ, C. E.; ZOMPERO, A. DE F.; BARROS, M. A. Vygotsky e múltiplas representações: leituras convergentes para o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 7-24, 2013.

LATOUR, B. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: UNESP, 1997.

LATOUR, B. **A esperança de Pandora: Ensaio sobre a realidade dos estudos científicos**. São Paulo: EDUSC, 2001.

LEMKE, J. L. **Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text**. City University of New York, 1998. Disponível em: <<http://static1.1.sqspcdn.com/static/f/694454/12422327/1306520145087/MultiplyingMeaning1998.pdf?token=ptR9p0b78jNOPb3A18PjIjWmBTI%3D>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

---

LEMKE, J. L. **Mathematics in the middle: measure, picture, gesture, sign, and word**. City University of New York, 2003. Disponível em: <<http://static1.1.sqspcdn.com/static/f/694454/12422354/1306520386907/Math-in-the-Middle-2002.pdf?token=2MBzEDPStrZDPTbwmdsghkF3Ap8%3D>>. Acesso em: 18 ago. 2015.

LIN, J. Y. Responses to Anomalous Data Obtained From Repeatable Experiments in the Laboratory. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 44, n. 3, p. 506-528, 2007.

LOWE, R. K. Extracting information from an animation during complex visual learning. **European Journal of Psychology of Education**, v. 14, n. 2, p. 225-244, 1999.

MARTINS, L.; QUEIROZ, J. Morfologia para setas em livros didáticos: Uma abordagem semiótica Morphology for arrows in textbooks: a semiotic approach. **Arcos Design**, v. 5, n. 2, 2010.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. 6ª. ed. São Paulo: Scipione, 2006. v. 1.

MCELHANEY, K. W. et al. Evidence for effective uses of dynamic visualisations in science curriculum materials. **Studies in Science Education**, v. 51, n. 1, p. 49-85, 2015.

MENDONÇA, P. C. C. **Entrelaçamento de abordagens quantitativas e qualitativas nas pesquisas em educação**. Manuscrito de circulação interna. Belo Horizonte: Grupo de pesquisa Reagir - Modelagem e Educação em Ciências, 2012.

MILLER, K. F. Representational tools and conceptual change: The young scientist's tool kit. **Journal of Applied Developmental Psychology**, v. 21, n. 1, p. 21-25, 2000.

MONAGHAN, J. M.; CLEMENT, J. J. Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 9, p. 921-944, 1999.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. "Nem Tudo que Reluz é Ouro": Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciência**, v. 15, n. 1, p. 123-147, 2015.

NIEMINEN, P.; SAVINAINEN, A.; VIIRI, J. Relations between representational consistency, conceptual understanding of the force concept, and scientific reasoning. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 8, n. 1, p. 010123, 2012.

OLALEYE, B. O. **Enhancing Teachers' Knowledge for Using Multiple Representations in Teaching Chemistry in Nigerian Senior Secondary Schools**. Western Australia: (Tese de doutorado) EDITH COWAN UNIVERSITY, 2012.

OLIVEIRA, A. W. et al. Multimodal Semiosis in Science Read-Alouds: Extending Beyond Text Delivery. **Research in Science Education**, v. 44, n. 5, p. 651-673, 2014.

---

PANESA, R. T. **Science and Religion in Charles S Peirce**. Pamplona: Universidade de Navarra, 1996.

PEIRCE, C. S. On a new list of categories. **Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences**, v. 7, p. 287-298, 1868.

PEIRCE, C. S. **The Collected Papers of Charles Sanders Peirce**. Cambridge: Harvard University Press, 1931-1935. v. I-VI.

PEIRCE, C. S. **The Collected Papers of Charles Sanders Peirce**. Cambridge: Harvard University Press, 1958. v. VII-VIII.

PEIRCE, C. S. **Semiótica**. 3<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.

PEIRCE, C. S. **Ilustrações da Lógica da Ciência**. Tradução Renato Rodrigues Kinouch. São Paulo: Ideias & Letras, 2008.

PERKINS, K. K. et al. PhET: Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics. **The Physics Teacher**, v. 44, 2006.

PODOLEFSKY, N. S.; PERKINS, K. K.; ADAMS, W. K. Factors promoting engaged exploration with computer simulations. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 6, p. 11, 2010.

QUEIROZ, J. **Semiose segundo C. S. Peirce**. São Paulo: Educ Fapesp, 2004.

QUEIROZ, J. Classificação de signos de C.S.Peirce – de “ON THE LOGIC OF SCIENCE” ao “SYLLABUS OF CERTAIN TOPICS OF LOGIC”. **Trans/form/ação**, v. 30, n. 2, p. 179-195, 2007.

QUEIROZ, J.; MERRELL, F. Semiosis and pragmatism: Toward a dynamic concept of meaning. **Sign Systems Studies**, v. 34, n. 1, p. 37-65, 2006.

RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. DE T. **Os Fundamentos da Física**. 9<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Moderna, v.3, 2007.

REGO, S. C. R.; GOUVÊA, G. Imagens na disciplina escolar física: possibilidades de leitura. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 1, p. 127-142, 2013.

REY, G. D. Interactive Elements for Dynamically Linked Multiple Representations in Computer Simulations. **Applied Cognitive Psychology**, v. 25, p. 12-19, 2011.

RISCH, M. **Investigations about Science Misconceptions**. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/1009.5524>>. Acesso em: 4 dez. 2014.

---

ROGERS, Y. Commentary: What is different about interactive graphical representations? **Learning and Instruction**, v. 9, p. 419-425, 1999.

RUTTEN, N.; VAN JOOLINGEN, W. R.; VAN DER VEEN, J. T. The learning effects of computer simulations in science education. **Computers & Education**, v. 58, n. 1, p. 136-153, 2012.

SAGLAM-ARSLAN, A.; DEVECIOGLU, Y. **Student teachers' levels of understanding and model of understanding about Newton's laws of motion**. Asia-Pacific Forum on Science Learning & Teaching. **Anais...2010** Disponível em: <[http://www.ied.edu.hk/apfslt/download/v11\\_issue1\\_files/arслан.pdf?origin=publication\\_detail](http://www.ied.edu.hk/apfslt/download/v11_issue1_files/arслан.pdf?origin=publication_detail)>. Acesso em: 4 dez. 2014.

SANTAELLA, L. **O que é semiótica**. São Paulo: Brasiliense, 1983.

SANTAELLA, L. **Semiótica Aplicada**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

SANTAELLA, L. **Teoria geral dos signos: como as linguagens significam as coisas**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

SAVAN, D. **An introduction of C.S. Peirce's Semiotics**. Victoria College of the University of Toronto, 1976.

SCHNOTZ, W.; BANNERT, M. Construction and interference in learning from multiple representation. **Learning and Instruction**, v. 13, n. 2, p. 141-156, 2003.

SCHNOTZ, W.; LOWE, R. External and internal representations in multimedia learning. **Learning and Instruction**, v. 13, n. 2, p. 117-123, 2003.

SERRA, P. **Peirce e o signo como abdução**. Disponível em: <[http://www.bocc.ubi.pt/pag/jpserra\\_peirce.html](http://www.bocc.ubi.pt/pag/jpserra_peirce.html)>. Acesso em: 19 jan. 2015.

SIMONS, H. The paradox of case study. **Cambridge Journal of Education**, v. 26, n. 2, p. 225-240, 1996.

SOUZA, K. A. DE F. D. **Estratégias de comunicação em química como índices epistemológicos: análise semiótica das ilustrações presentes em livros didáticos ao longo do século XX**. São Paulo: (Tese de doutorado) Universidade de São Paulo, 2012.

STIEFF, M.; HEGARTY, M.; DESLONGCHAMPS, G. Identifying Representational Competence With Multi-Representational Displays. **Cognition and instruction**, v. 29, n. 1, p. 123-145, 2011.

TREVISAN, M. D.; CARNEIRO, M. C. Uma descrição semiótica da metáfora no ensino de biologia: asserções sobre a célula animal. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 479-496, 2009.

---

VAN DER MEIJ, J.; DE JONG, T. Supporting students' learning with multiple representations in a dynamic simulation-based learning environment. **Learning and Instruction**, v. 16, p. 199-212, 2006.

VYGOTSKY, L. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WALDRIP, B.; PRAIN, V. Learning From and Through representations in Science. Em: **Second International Handbook of Science Education**. Springer International Handbooks of Education. Springer: B.J. Fraser, K. Tobin, C.J. McRobbie, 2012.

WALDRIP, B.; PRAIN, V.; CAROLAN, J. Using Multi-Modal Representations to Improve Learning in Junior Secondary Science. **Research in Science Education**, v. 40, n. 1, p. 65-80, 2010.

WANG, C.-Y. *et al.* A Review of Research on Technology-Assisted School Science Laboratories. **Journal of Educational Technology & Society**, v. 17, n. 2, p. 307-320, 2014.

WIEMAN, C. E.; PERKINS, K. K.; ADAMS, W. K. Oersted Medal Lecture 2007: Interactive simulations for teaching physics: What works, what doesn't, and why. **American Journal of Physics**, v. 76, n. 4 & 5, p. 393-399, 2008.

WU, H.-D.; PUNTAMBEKAR, S. Pedagogical Affordances of Multiple External Representations in Scientific Processes. **Journal of Science Education and Technology**, v. 21, p. 754-767, 2012.

---

## ANEXO

Res Sci Educ (2014) 44:651–673  
DOI 10.1007/s11165-013-9396-4

---

### Multimodal Semiosis in Science Read-Alouds: Extending Beyond Text Delivery

Alandeom W. Oliveira · Seema Rivera · Rory Glass ·  
Michael Mastroianni · Francine Wizner ·  
Vincent Amodeo

Published online: 14 February 2014  
© Springer Science+Business Media Dordrecht 2014

**Abstract** This study examines elementary teachers reading children’s science books aloud to students in the US. Our findings show that science read-aloud semiosis (meaning-making) extends beyond text delivery. In addition to making a written text orally available to students, teachers also deploy different types of gestures (pointing and iconic gesticulation) and pictorial representations (narrative and conceptual) as they scaffold students’ understandings. Further, teachers are shown to engage in two distinct forms of meaning-making: *multimodal description* and *multimodal explanation*. A conceptual framework is proposed that elementary science educators can use to systematically incorporate multimodality into aloud reading practices.

**Keywords** Science · Aloud reading · Pictorial representation · Multimodality · Children’s books · Elementary school

Aloud reading of science books to children is a practice increasingly used by educators to enhance and enrich science instruction at the elementary school level (Albright 2002; Alvermann and Phelps 1998; Kletzien and Dreher 2004). Rather than presuming the elementary teacher to be a sort of ‘talking book’ who mechanically delivers a science text to students through oral recitation, there is increasing realization among educators that aloud reading extends beyond mere text delivery and that it entails more than unproblematic and straightforward extraction of textually encoded scientific meanings (i.e., conceptual content) from children’s books. Instead of treating science texts as transparent and student decoding as unproblematic, educators have favored dialogical and intertextual approaches to science text reading centered on small- and large-group discussions (Pappas, Varelas, Barry, and Rife 2004). This trend is referred to by Wilkinson and Son (2010) as the ‘dialogic turn’ in reading instruction and research.

---

A. W. Oliveira (✉)  
Educational Theory and Practice Department, State University of New York,  
1400 Washington Ave., ED 113B, Albany, NY 12222, USA  
e-mail: aoliveira@albany.edu

S. Rivera · R. Glass · M. Mastroianni · F. Wizner · V. Amodeo  
Educational Theory and Practice Department, State University of New York,  
1400 Washington Ave., Albany, NY 12222, USA

Recent research has focused mainly on the types of texts selected by teachers for their science read-alouds (i.e., the textual or written communicative modality). In addition to pointing out that a variety of genres such as informational books (factual or informative texts written), imaginary storybooks (fictional narratives), and dual-purpose information books (hybrid texts) are available for teachers to read aloud, this research reveals that teachers generally favor narrative over expository texts and that a balance between fact and fiction is yet to be achieved (Donovan and Smolkin 2001; Saul and Dieckman 2005); elementary teachers often assume that factual texts are too complex and uninteresting for children. Relatively less attention has been paid to how effective teachers are in expanding beyond the text itself. The present study seeks to challenge this assumption by providing an analytical account of the multiple modes of communication (pictorial, gestural, and spoken) co-deployed and integrated by elementary teachers and students during science read-alouds. By conceiving of science read-alouds as *multimodal semiosis* (i.e., meaning-making), we pursue a more sophisticated, theory-based understanding of such classroom practice. More specifically, we set out to answer the following research questions: How do experienced teachers multimodally expand beyond verbatim text delivery when reading aloud? What specific semiotic forms (types of gesture, speech, and pictures) do teachers use and what pedagogical functions do these forms serve?

### Multimodality in Science Instruction

Research shows that meaning-making in school science extends beyond written and spoken words and is a dynamic communicative process wherein utterances, actions, and pictorial representations are socially shared and allow for joint construction of meaning by teachers and students. Meaning is derived not only from words but also pictorial representation and gesture (Jewitt 2008; Lemke 1998). Verbal language is only one of many modes of communication available for teachers and students to make scientific meaning and pursue conceptual understanding.

Drawing upon the concepts of multimodality and multiple representational systems (Andersen et al. 2009), researchers have shifted from a monomodal view of science classroom discourse in which verbal language is considered the sole and central communicative component to a multimodal perspective wherein various semiotic modes are perceived as interacting in the communication of ‘semiotic hybrids’—science concepts that are simultaneously verbal, visual, mathematical, and actional (Lemke 1998) such as those reported in the teaching of the water cycle (Marquez, Izquierdo, and Espinet 2006), blood circulation, energy and cells (Kress et al. 2001), the particulate nature of matter (Acher and Arcà 2009), and scientific classification of objects (Hanauer 2006). A central theme in this literature is that different modalities serve diverse and important functions in science classroom discourse.

*Verbal Modality* Researchers of literacy across content areas have shown that the verbal mode comprises a wide range of spoken strategies commonly employed by teachers and students to make sense of the textual contents of children’s books, including making intertextual connections (Pappas, Varelas, Barry, and Rife 2004); discussing textual, contextual, and recontextualizing information (Oliveira et al. 2009); using print referencing (Zucker, Ward, and Justice 2009); talking about important text ideas (Heisey and Kucan 2010); probing for implicit and underlying text relationships and integrating students’ oral contributions about the text coherently (Ghiso and McGuire 2007); and, thinking aloud (Fisher, Frey, and Lapp 2008). Often focused on disciplines other than science, this body of research provides ample evidence of the important role that oral discourse plays in the classroom learning of content and literacy (Lawrence and Snow 2010).

Res Sci Educ (2014) 44:651–673

653

A noticeable theme in this literature is that attainment of a high degree of dialogicality or dialogism is central to the promotion of meaning-making during read-alouds (Pappas et al. 2004). As Pappas, Varelas, Barry, and Rife (2002) write,

collaborative, dialogically-oriented read-alouds allow for the voices of both children and the teacher in this process. Participants relate, imagine, clarify, validate, encourage, try to make sense, turn to their own and others' experiences to understand the world and to reveal themselves within it (p. 473).

The absence of such dialogical orientation from science read-alouds is taken as indicative of an interactional imbalance in the sense that the teacher is seen as holding an excessive amount of authority over the meaning-making process, to a large extent preventing students' voices and perspectives from being heard when making sense of the textual contents of children's books.

*Pictorial Modality* The visual mode provides students with different ways of conceptualizing scientific ideas as well as meaning-making opportunities. While speech and written texts have a tendency to be structured in a temporal fashion, pictorial representations have a degree of simultaneity and are governed by logic of spatial orientation (Jewitt 2008; Kozma 2003). Such affordances have been shown to promote student learning of science through pedagogical means as varied as tradebooks (Ford 2006), textbooks (Poizzer and Roth 2003), and computer environments (Carroll and Mack 1999).

Pictorial representations that typically mediate science teaching and learning can have a wide variety of visual designs or structures and serve different functions. In the lower grade levels, there is a predominance of pictorial representations with a *narrative structure* (Kress and van Leeuwen 2006) that visually narrate the unfolding actions of characters (humans and animals). Pictorial representations with a narrative structure depict characters doing something to or for each other (i.e., provide personal dramatizations of particular events). In science classroom, these narrative visuals serve not only to engage students but also foster conceptual understanding. For instance, many elementary teachers employ *conceptual cartoons*—teacher-generated visual artifacts wherein characters have a short, non-humorous dialogue and express incompatible views about everyday scientific phenomena—to engage children in non-threatening discussions and encourage them to share prior understandings, give opinions, defend positions, and critically analyze alternative perspectives (Keogh and Naylor 1999).

In contrast, pictorial representations in the higher grade levels tend to have a *conceptual structure* (Kress and van Leeuwen 2006), that is, visually display the functioning or classification of things, systems, states, and ideas. Devoid of characters (people or animals), these pictorial representations provided impersonal, objective, and decontextualized visual accounts of particular concepts (e.g., the structural arrangement of the different parts of a complex system, the attributes of a given taxonomic category, the functioning of a complex process as a successive sequence of stages). Photographs and diagrams are pervasively used in instructional materials such as textbooks to enhance middle and high school student recall and comprehension of target concepts (Vosniadou and Brewer 1987), assist students in forming mental images of intended concepts (Bean, Searles, Singer, and Cowen 1990) and generally promote student understanding of science content.

Despite its many pedagogical benefits, research indicates that the use of pictorial representation for the purpose of educational semiosis can be problematic. For instance, pictorial representations with narrative structures can be so appealing to younger students that they disregard accompanying texts and captions altogether (Watkins et al. 2004) and sometimes conflict with or contradict written texts. In addition to having an improper design, narrative visuals commonly found in children's books may also contain science misconceptions (Donovan and Smolkin 2001).

Likewise, ineffective employment of conceptually structured pictorial representations has been shown to lead to a variety of science learning problems. Catley, Novick, and Shade (2010) describe how ambiguous diagrams in biology textbooks encourage students to misconceptualize evolution. There is also evidence that students often have difficulties interpreting diagrammatic representations of energy (Ametller and Pinto 2002), optical phenomena (Colin, Chauvet, and Viennot 2002), Earth's time zones (Schnotz and Bannert 2003), and moon phases (Peacock and Weedon 2002). These studies show that conceptual visuals can potentially lead to student misunderstanding and confusion, hence underscoring the need for further research to guide the use of this type of pictorial representations for the purpose of multimodal scientific semiosis.

*Gestural Modality* Research on the pedagogical role of gestures in science teaching and learning has been fairly scarce, being conducted mainly at high school and college levels (Givry and Roth 2006; Pozzer-Ardenghi and Roth 2005a, 2005b). Relying heavily on McNeill's (1992; 2005) gesture-mediated thinking, this body of research has devoted a considerable amount of effort to challenging prevalent "word-centered conceptions of knowledge (p. 111)" (Pozzer-Ardenghi and Roth 2007) and theorizing and investigating situated or embodied forms of cognition (Alibali and Nathan 2012) such as gesture-mediated thinking. A central theme in this literature is that teacher gesturing in science classrooms serves two main purposes: pointing to objects in the immediate physical setting (concrete and literal gesticulation) and gestural representation of intangible process and ideas (abstract and metaphorical gesticulation). There is also some evidence suggesting that these two different types of gestures can be indicative of distinctive types of thought or cognitive processes. Pointing is commonly used during descriptive transmission of science ideas, whereas gestural representation typically accompanies explanatory sense making (Crowder 1996). The present study seeks to extend this literature by examining the extent to which similar forms of gesture-mediated semiosis occur at the elementary school level.

### Read-Alouds as Multimodal Semiosis

Influenced by previous theoretical work on the sociosemiotic construction of meanings (Lemke 1990), we conceive of science read-alouds as multimodal communicative events wherein *participants* (teacher and students) who are simultaneously connected through two different *communicative channels* (visual and oral) engage in *multimodal semiosis* (meaning-making related to a science phenomenon or concept) through co-deployment and integration of multiple semiotic modalities or sign systems (spoken words, gestures, and pictorial representations; Fig. 1). A *sign* is defined as something (a signifying entity) that stands for something else (a signified object) in some meaningful way (Pierce 1955) or *sense* that is socially constructed or negotiated (Putnam 1996).

We consider the semiotic processes that occur during science read-alouds to be mediated by multiple types of signs that can be classified according to Pierce's (1955) Trichotomy II: symbols, indexes, and icons. These different types of signs have distinct relationships of signification with their objects. *Symbols* are associated with their objects by means of social convention and include spoken words such as 'apple,' a symbolic sign arbitrarily associated with the actual fruit (a signifying connection simply agreed upon by English speakers). On the other hand, *indexes* relate to their objects by means of co-occurrence, that is, spatial proximity. The truism that 'where there is smoke, there is fire' exemplifies this sort of signification wherein an indexical sign is viewed as pointing to a nearby object. Similarly, in face-to-face interaction, gestures such as pointing with a finger and words such as 'you' and 'I' serve as indexes (they point to a nearby addresser, addressee, or object); the former is a physical index,

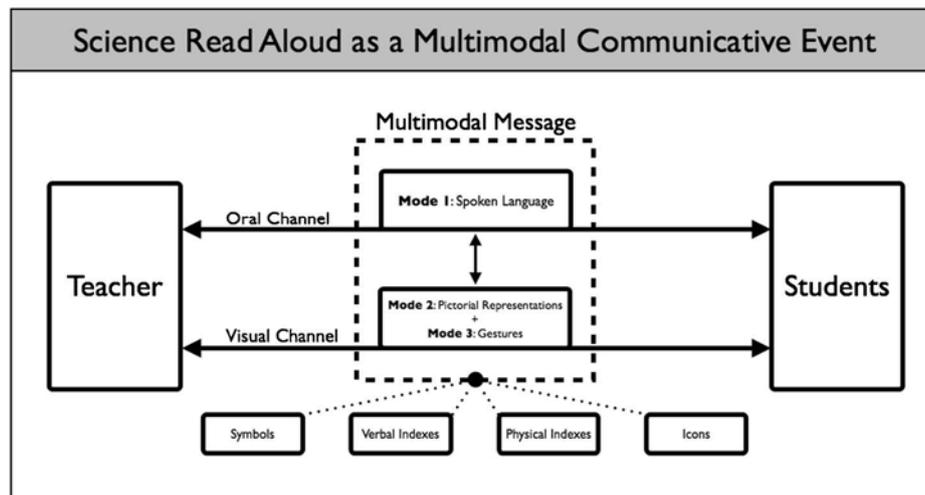


Fig. 1 Multimodal analytic framework

whereas the latter constitute verbal indexes. Lastly, *icons* relate to their objects through resemblance or likeness (e.g., photographs and drawings). These different types of signs simultaneously mediate multimodal semiosis during read-alouds, which is taken as encompassing three distinct but integrated semiotic processes or dimensions: symbolism (talk), indexicality (pointing), and iconicity (resemblance). Symbolism is an integral part of the oral mode of signification (i.e., teacher–student oral discourse), whereas iconicity and indexicality play a more prominent communicative role in the visual modality in the form of gestures that the teacher uses to make pictorial representations visually accessible to students. Multimodal semiosis, from our perspective, entails co-deployment and integration of these three different semiotic resources. We now turn to our methodological approach.

**Methodology**

This study is part of a larger research project designed to advance our current understanding of teacher–student semiosis in the context of science read-alouds (i.e., to achieve a more sophisticated understanding of how elementary teachers and students co-construct meanings while reading children’s science literature aloud). For the present investigation, we selected a qualitative research approach (Bogdan and Biklen 2003; Creswell 2003) wherein descriptive data were systematically collected through open-ended research methods (video-recorded observations) and analyzed inductively to build a naturalistic (Lincoln and Guba 1985) account of teachers’ and students’ multimodal semiosis around pictorial representations in children’s science books. This methodological choice allowed us to conduct an in-depth exploration without interfering with teacher–student multimodal semiotic processes.

**Participants**

Using an Albany-area listserv, a survey of science read-aloud practices was sent to elementary teachers of public schools in upstate New York. The survey comprised a series of open-ended

questions that asked for demographic information such as years of teaching experience, teacher preparation, school and classroom settings, as well as pedagogical information concerning teachers' read-aloud practices including frequency of their science read-alouds, book selection criteria, books commonly read aloud, strategies used to incorporate read-alouds into science instruction, and strategies adopted to ensure science learning during read-alouds. From the pool of respondents, three fourth-grade teachers who regularly performed science read-alouds were recruited to be video-recorded while engaged in a science read-aloud session with their students. Participant selection was aimed at producing a sample of frequent/experienced users of the practice of science read-aloud who were likely to have well-developed routines.

Our selection of three fourth-grade teachers for the present study was purposeful and data-driven. The two main motivations behind such selection were availability of data and evidence of multimodal practices. First, teachers who agreed to participate in this study taught at the fourth-grade level, hence enabling us to make same-grade analytical comparisons and examination of trends with reduced variability due to differences in student age. The second motivation was that initial inspection of the resulting set of video-recordings revealed a salient and recurrent trend in the fourth-grade classrooms, namely the occurrence of teacher–student multimodal semiosis around pictorial representations. More specifically, in these classrooms, aloud reading of the text was interspersed with short periods of multimodal sense-making wherein teachers and students co-constructed meanings with photographs, drawings, and cartoons in the children's science books being read aloud. This multimodal teacher–student semiosis around pictorial representations became the focus of our analysis, being observed in the classrooms of three fourth-grade teachers—Melissa, Morgan, and Dave (all pseudonyms)—from different schools. Put differently, we analyzed moments in these science read-alouds when pictorial representation became the *focal communicative mode* (Kress et al. 1998), that is, the central semiotic mode of teacher–student communicative activity. Despite our specific analytical focus on multimodal semiosis around pictorial representations in children's science books (due to its more conspicuous nature), it should be noted that multimodality was not limited to such instances, instead being observed in more subtle forms throughout the science read-alouds.

With 15 years of teaching experience, Melissa taught at a suburban school and was video-recorded while reading a book entitled *Snowflakes, Sugar and Salt: Crystals Up Close* (Maki and Sekido 1993). Table 1 provides a description of the contents, genre, and stylistic features of this and other books. Melissa's read-aloud was part of a lesson aimed at enhancing students' understanding of crystals. Students had already participated in a hands-on activity examining different forms of crystals (sugar, salt, baking soda, and alum) with a pocket scope, a smaller pocket-size monocular commonly used to magnify images of objects by school children.

Morgan had the most teaching experience—19 years. She taught at a rural elementary school and was video-recorded while reading the book *Light* (Olien 2003). This read-aloud was designed to provide students with background information necessary for future in-classroom experiments. During the read-aloud, Morgan had students complete an accompanying worksheet and concluded by summarizing the read-aloud's contents on a large flipchart displayed in the front of the classroom.

The last participant was Dave who had the least teaching experience—only 2 years. He taught at an urban elementary school and read *Almost Invisible Irene* (Skinner and Smath 2003), a read-aloud not directly related to any immediate classroom activities.

#### Data Collection

Our dataset comprised video-recordings of science read-alouds (main data source). During the 2009–2010 school year, a member of our research team (a PhD candidate in science education

Res Sci Educ (2014) 44:651–673

657

**Table 1** Video-recorded science read-alouds

Teacher Science Read-Aloud

Melissa *Duration:* 27 min*Book Title:* Snowflakes, Sugar and Salt: Crystals Up Close (Maki and Sekido 1993)*Book Genre and Stylistic Features:* Nonfictional, expository picture book that provides a factual account of crystal formation and properties, leading the reader from one form of crystal to another (snowflakes, ice, sugar, salt, baking soda, alum). Its several probing questions (e.g., “can you think of other crystals or solutions of crystals that are in the world around you?”) encourage the reader to inquire more and initiate discussion about crystals. The book guides readers in how to examine crystals and what properties to look for, providing many points of entry for readers; a feature commonly found in “narrative informational books” (Donovan and Smolkin 2001) which are composed of multiple sections that can be read and understood independently. At the end of the book, there is a page with hands-on activities for children to further investigate crystals; a feature consistent with Pappas’ (2006) category of books with “experimental ideas.”Morgan *Duration:* 60 min*Book Title:* Light (Olien 2003)*Book Genre and Stylistic Features:* Non-fictional picture book that provides an expository description of light and its qualities. It describes light as a form of energy that originates from the Sun, travels through transparent but not opaque objects, reflects off of objects that are shiny or white, and can be refracted/bent by objects such as magnifying lenses, prisms and raindrops. It also describes the formation of rainbows, plant use of light to make food, Thomas Edison’s invention of the light bulb, technological uses of light (lasers, solar electricity, scans, CDs, etc.), and the structure and function of the human eye. Like other “narrative informational books” (Donovan and Smolkin 2001), it is composed of multiple sections that can be read and understood independently of others (i.e., provides readers with multiple points of entry). Its layout follows a traditional textbook format, with a table of contents, glossary, and resources for further reading. At the end of the book there is a page with a hands-on activity for children to investigate shadows, that is, an “experimental idea” (Pappas, 2006).Dave *Duration:* 17 min*Book Title:* Almost Invisible Irene (Skinner and Smath 2003)*Book Genre and Stylistic Features:* Hybrid storybook with two simultaneous lines of text. The first one is a fictional narrative telling the story of a little girl called Irene who, upon learning about animal camouflage in her science class, goes through an emotional journey as she attempts to confront her shyness by blending herself into the background in the course of various social events (e.g., a sleepover birthday party). The second line of text is a non-fictional exposition conveyed through small factual text boxes with scientific information about animal camouflage; these boxes are located on the lower, right-hand corner of several pages of the book. This simultaneous and parallel presentation of a story (with characters and dialogues) and scientific information is characteristic of “atypical or hybrid information books” (Pappas, 2006) or “dual-purpose books” (Donovan and Smolkin 2001).

who researches read-alouds) visited each classroom once to make video-recordings with a digital camcorder focused mainly on the teacher while wearing a lapel microphone. Placed in the back of the classroom, the camera was oriented toward the teacher and away from the students’ faces. All video-recordings were transcribed in full (see Appendix A for transcription conventions) and their contents examined to explore the teacher–student multimodal semiosis around pictorial representations from their literature selections. Since assessing instructional outcomes was beyond the scope of this study, no data were collected with regard to the student content learning (e.g., gains in conceptual understandings) that resulted from the science read-alouds.

#### Data Analysis

Drawing upon the field of multimodal communication, we conducted a qualitative *multimodal discourse analysis* (Marquez et al. 2006)—a systematic examination of the multiple semiotic

resources that constitute pictorially mediated science read-aloud discourse and are available for teachers and students to create meanings around pictorial representations in children's science books. With a micro-genetic focus on unfolding short-term processes in face-to-face communication (Wertsch, and Hickman 1987), this discourse analysis involved attending to not only visual representation (the dominant communicative mode) but also spoken language and gestures (secondary communicative modes). Our analytical approach entailed systematic examination of transcribed recordings as well as sequential analysis and playback of video-recorded interaction. Further, in-depth examination of individual cases was followed by a comparative analysis wherein we systematically considered the semiotic forms and pedagogical functions of pictures, gestures, and utterances deployed by teachers (i.e., a cross-case multimodal analysis). Our goal was to gain a deeper insight into a situated discursive process that is relatively understudied and under-theorized rather than to make universally generalizable claims about particular semiotic aspects of science read-aloud events.

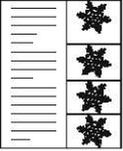
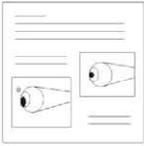
More specifically, we applied the analytical framework for exploring science read-aloud as multimodal communicative events (Fig. 1) to the transcribed video-recordings. This qualitative analysis took into account both oral and visual channels of communication being focused specifically on teachers' and students' symbolic, indexical, and iconic co-deployments in the spoken, gestural, and pictorial modes. Further, our analysis was conducted at the level of episodes or scenes (Erickson 1996); short stretches of naturally occurring discursive interactions with variable numbers of utterances. Put differently, we conducted an in-depth and up-close analysis of the symbolic, iconic, and indexical semiotic resources co-deployed and integrated by teachers and students while making sense of children's science books. Conceiving of teacher–student communication as socially situated, semiotically mediated, and interactionally constituted by interactants as situated meanings, our analytical goal is to describe, explain, and understand local systems of meaning-making along multiple modalities in depth.

To account for the pictorial mode of meaning-making, we conducted a *visual design analysis*, that is, a systematic examination of the ways that pictorial representations communicate iconic meanings visually (Kress and van Leeuwen 2006). This analysis focused specifically on how visuals with narrative and conceptual structures were used for multimodal semiosis (see Table 2 for examples).

Parallel to the above analysis, we also examined how gesticulation was used for the purpose of multimodal semiosis. Informed by our literature review, this examination focused specifically on two different types of gesturing: *indexical gestures* (that simply located or identified natural phenomena or processes through pointing) and *iconic gestures* (that shared a degree of physical similarity or appearance with natural phenomena or processes). Further, we took into account the epistemic status of the utterance accompanying each gesture, distinguishing between *descriptions* (symbolic deployments that merely articulated observable features of natural phenomena or processes) and *explanations* (symbolic deployments focused on making sense of why physical phenomena happen or how natural processes function using information derived from observation, laws, or theories). Such analytical distinctions allowed us to examine the specific semiotic forms and pedagogical functions of teachers' gesture–talk co-deployments in the context of science read-aloud semiosis.

To improve their validity or trustworthiness (Eisenhart and Howe 1992), findings generated from our micro-genetic analysis were triangulated with teacher responses to the questionnaire. Moreover, multiple peer debriefing sessions were held as we worked to triangulate our interpretations of the data. The debriefers were a science educator with expertise in classroom discourse analysis and five advanced doctoral students with varied

**Table 2** Pictorial representations engaged by elementary teachers and students

Pictorial Representation <sup>a</sup>	Description
1 	Conceptual representation of wherein four photographs of different snowflakes are placed along the right side of a page to illustrate the fact that snowflakes look lacy when the outside air is drier (top picture) and resemble solid plates of ice when humidity levels are higher (bottom picture); this factual information is presented in the 3 paragraphs on the left side of the same page.
3 	Conceptual representation wherein light diffraction is represented in drawing as a temporal process, that is, a series of three successive stages (labeled as white light → prism → visible spectrum), starting at the upper left-hand corner and ending at the lower right-corner of the picture. The short text at the top of the page identifies a prism as an agent of refraction and defines the terms “white light” as light from the sun and “visible spectrum” as separate colors.
4 	Conceptual representation wherein the human eye is presented as a whole made up of multiple parts all shown with topological accuracy (interconnected accurately but not to scale). Two nearly identical drawings are provided side-by-side: a human eye looking at a dark sky with stars and a moon, and a second one staring at a clear sky with a bright sun. The pupil (the only labeled part of the drawing) appears much larger in the former. The text on the top of the page defines pupil as “a hole that lets light into the eye” and warns that excessive light can be harmful. The two drawings also have titles explaining that the pupil changes its size to allow more or less light to enter the eye.
5 	Narrative representation wherein Irene observes the reactions of two classmates while simulating animal camouflage. Irene is standing still and blends into her surroundings (her green blouse with pink roses matches the bush behind her, her skirt matches the brick pattern underneath her, and her hair has the same color as the trees behind her) while her classmates walk along a brick road toward Irene. This cartoon occupies most of the cover page of the book with the title “Almost Invisible Irene” on the upper left-hand corner.

<sup>a</sup>Due to copyright restrictions, sketches of the overall layout of pictorial representations are provided in lieu of actual reproductions

research interests and expertise, including science read-alouds, pictorial representations, socioscientific issues, literacy, and classroom discourse. Participant teachers were not debriefed. In these debriefing sessions, discursive records of key episodes were examined collectively, individual analyses were shared, and interpretations were discussed extensively. The emergent account was gradually adjusted to include any variation that surfaced from this reflective group interpretation of the data. This collaborative debriefing contributed to enhancing construct validity and guarding against individual researcher biases (Robson 2002).

**Findings**

In this section, we report the main semiotic trends revealed by our analysis. Examination of each individual teacher (Melissa, Morgan, and then Dave) is followed by a comparative account of multimodal meaning-making practices across the read-alouds.

**Melissa’s Read-Aloud**

Melissa conducted multimodal semiosis around highly realistic and naturalistic colored photographs—conceptually structured pictorial representations of sets of crystals, similarly looking powders, and magnified crystals without any human presence. Nine minutes into the read-aloud, attention was given to the hexagonal shape of snowflakes (pictorial representation 1 on Table 2):

EXCERPT 1

Melissa: [Looking at representation 1] wow look at these crystals, you can take a closer look a little bit later but to me these [places finger on bottom crystal] don't even look real

Students: Yeah, that one is sparkly [overlapping replies]

Melissa: They look like they are manmade plastic

Students: Yeah, clear [multiple student overlapping comments]

Melissa: They are perfectly formed, so interesting [resumes reading] THESE SNOWFLAKES WERE PHOTOGRAPHED THROUGH A MICROSCOPE SO THEY LOOK MUCH BIGGER THAN THEY REALLY ARE. BECAUSE OF THE ORDERLY PATTERN OF ICE CRYSTALS THAT MAKE UP SNOWFLAKES, SNOWFLAKES ALWAYS HAVE SIX SIDES. Did you know that?

Students: Oh yeah, you can see that, oh yeah [overlapping replies]

Melissa: [resumes reading aloud] SO FAR, NO ONE HAS FOUND SNOWFLAKES THAT LOOK EXACTLY ALIKE

Students: [Students begin whispering numbers while pointing to pictorial representation 1 from distance]

Melissa: Do you want to count? [in unison with students while pointing to second crystal from top with index finger] one, two, three, four, five, six [points to third crystal from top] one ((1a)) two ((1b))?

Students: Three ((1c)) four ((1d)) five ((1e)) six ((1f)) [students count in chorus as teacher points to each side with index finger]

Melissa: [Points with index finger to top crystal] this is a little different pattern but you can still see the tips] one?

Students: Two, three, four, five, six [students count in chorus as teacher points to each side with index finger]

Melissa: Pretty amazing, even [points with index finger to bottom crystal] even this one [points to bottom snowflake with index finger] which really kind [circles crystal with index finger] of looks like one solid object, you can actually see those points [places finger on one side of bottom crystal], one, two [starts counting sides on snowflake with finger]

Students: three, four, five six [students count in chorus as teacher points to each side with index finger]

Mary: How do they grow in perfect sizes? Like, they are perfect, they are not like one side is a little bit longer.

Steve: It looks like this plastic shape.

Melissa: I know, that's the crazy thing about crystals.



When Melissa read the statement “snowflakes always have six sides” aloud, several students immediately began whispering numbers while pointing to pictorial representation 1 from a distance. Upon observing this multimodal reaction from students, Melissa immediately stopped reading from the book and uttered “Do you want to count?” In doing so, she prompted a synchronized process of multimodal counting wherein each snowflake side (icon) pointed to (physical index) was simultaneously co-deployed with a symbol (a number) orally and in unison with students (“[pointing to second crystal from top with index finger] one, two, three, four, five, six”). Through this synchronization of quantitative symbols (oral number calling) with index-icon constructions (pointing to snowflake sides on shared iconic resources) that invariably proceeded clockwise around each inspected snowflake, Melissa and students multimodally constructed the orderly structural pattern (i.e., regularity in shape) of crystals as a shared and quantifiable physical attribute on a visually accessible iconic resource.

As a result, the abstract notion of crystalline structural regularity was *spatialized* (Farnell and Varela 2008), that is, systematically and collectively turned into a sequence of concrete and

tangible hand movements in physical space as well as *objectified* (Whorf 1956) as a fixed number of counted sides on a set of visually depicted snowflakes, leading to the emergence of the notion of ‘six-sidedness.’ Central to this process was the use of *deictics*—pointing devices such as gestures that serve to indexically designate the contextual location of a referent and are often accompanied by locative adverbs such as *there* and *here* (Lakoff 1986). Melissa and students used these deictic gestures exclusively to make ‘real’ spatial references (i.e., point to actual locations on the two-dimensional space of pictorial representation 1) rather than illustrate metaphorical references in imaginary space, a gestural distinction originally made by Whorf (1956). Their pointing gestures not only served as a guiding tool for synchronous navigation across the visual landscape of pictorial representation 1 but also provided co-participants with visually perceptual references that could be publicly shared, scrutinized, and quantified.

Morgan’s Read-Aloud

Morgan conducted multimodal semiosis around colored pictorial representations—schematic diagrams that had a conceptual structure and lacked the naturalistic visual features of realistic photographs. Halfway into the read-aloud, they discussed light refraction by a prism (Excerpt 2) and later the anatomy and physiology of the human eye (Excerpt 3):

EXCERPT 2

Morgan: Here you have a prism [circles index finger around prism on pictorial representation 2]. Here you have light going into that prism [moves index finger along incoming arrow toward prism] ((2a)). This is the?

Students: White light [in chorus].

Morgan: White light. So, on your sheet I want you to label that white light [places index finger on the label “white light” by incoming arrow]. Then you have a line that goes to the [places index finger on the label “prism”]?

Nichole: Prism.

Morgan: Prism [interruption]

Morgan: So far we’ve labeled the white light that goes into the prism [moves index finger along incoming arrow toward prism], the prism itself [circles index finger around prism] ((2b)). The prism [places index finger on prism] does what to the light?

Joseph: Turns it into colors.

Morgan: Turns it into colors.

Joseph: Which is the visible spectrum.

Morgan: [Moves index finger along outgoing spectrum] ((2c)) which is the visible spectrum.



Morgan used her index finger to locate (by placing finger over and circling with it) and link (by moving finger along arrows and lines) the different components of a light refraction system on the surface of a visually accessible icon. She also indexically traced the path followed by the light ray being refracted by a prism by running her finger continuously without lifting it. These icon-index semiotic formations carried part/whole multimodal meanings, being used exclusively by Morgan while her students’ contributions were symbolic (sporadic oral interjections). Combined use of multiple semiotic modalities by Morgan led to the spatialization of light refraction as a dynamic physical process that unfolded spatially from top to bottom and left to right along the two-dimensional plane of pictorial representation 2; orientations that are consistent with everyday

physical experiences with the *sun rays* (experienced directly as coming down from above) and *time*—a more abstract phenomenon that English speakers generally experience metaphorically as moving horizontally from left to right (Boroditsky 2001).

Through her hand movements, Morgan constructed light refraction as a metaphorical extension of the more prototypical or paradigmatic type of causation based on direct manipulation of physical objects (Lakoff and Johnson 1980). Through ‘metaphorical manipulation’ of a light ray (an intangible object), Morgan depicted the optical phenomenon of refraction as a change in physical state (color) caused by her hand movements which physically enacted the passing of white light through a prism (an intermediary agent or tool).

EXCERPT 3

Morgan: I'm going to come closer with this picture[leans forward]. The black part [places index finger on drawing of larger retina on pictorial representation 3] ((3a)) of your eye [uses index finger to point to her own eye while moving it in the air in a circle] ((3b)) the center black part of your eye is the pupil, that allows light through [brings thumb and index finger into an arrowhead format and moves hand forward as if piercing through a surface] ((3c)) to your retina and allows your brain [places index finger on her forehead] ((3d)) it sends a signal to your brain to let you see, and it all happens [snaps fingers] like that, and when it's very very dark out the pupil opens up [uses thumb and index finger to make a big hole] ((3e)) why? Why would the pupil open up if it's dark out?

Adam: So you can see more light.

Morgan: So you can see more, it's trying to let as much light in as possible [pretends to capture light with fingers] ((3f)), when it's darker, there's not as much light to let in so it has to open wider to grasp more of the light [pretends to capture light with fingers], when it's very bright out like today I wouldn't look at, if I looked at the sun [points to window] I would get hurt but as I'm looking out there my pupil is not that big, why?

Nichole: [inaudible]

Morgan: Exactly, there's more light there so the pupil can stay [uses thumb and index finger to make a small hole] smaller and it allows light to come in [pretends to capture light with fingers].



While interweaving and interconnecting icons (pictorial representations), physical indexes (gestures), and symbols (talk), Morgan indexically connected the human retina to the brain and environmental light (components of the human vision system). However, this time, her physical indexes were not limited to a shared icon as she also used her finger to locate some of the system components in the visually accessible immediate physical surroundings (she pointed to her own retina, her own brain, and to the sun through the classroom window). By combining these multiple semiotic resources, Morgan produced topological meanings (logical connections between the

various parts or components) as well as functional meanings (internal processes), providing a temporal account of the inner working of the human eye system as a series of sequential stages progressing from left to right along the two-dimensional plane of pictorial representation 3.

In addition to resorting to gestural deictics, Morgan also used her hands to iconically express the shape and relative size of a retina (e.g., circular finger movements that resembled the retina under different light conditions) as well as optical phenomena (e.g., linear and capturing movements with fingers that resembled light traveling through a prism and retina) pictorially depicted in representation 3. Such iconic gestures constitute *spatialized metaphors* (Whorf 1956), that is, metaphorical hand movements in imaginary space commonly used as spatial representations for thinking about abstract and elusive ideas (Boroditsky and Ramscar 2002; Gentner, Imai, and Boroditsky 2002) rather than picking out location in physical space.

Morgan conceived of human vision in terms of an ‘emergence’ metaphor (Lakoff and Johnson 1980), a special case of causation wherein a state (light condition) is considered as the cause to an event (size of pupil). Unlike light refraction which was spatiotemporally constituted as an agentive change from white input to color output when light was metaphorically depicted as being passed through a prism, human vision was conceived as simply emerging from existing environmental conditions as the human eye adaptively responded to the available amount of light without any form of agential involvement.

Dave’s Read-Aloud

Dave conducted multimodal semiosis around colorful and large pictorial representations that resembled cartoon strips wherein balloons were used to represent the speech and thought of characters. These pictorial representations had a narrative structure and portrayed a teacher and her students thinking and talking about animal camouflage and the main character Irene blending into the background while looking back at her classmates and teacher in the foreground. The following discussion occurred toward the beginning of this read-aloud:

EXCERPT 4

- Dave: Take a look at that picture [pictorial representation 4] and see if you might be able to figure what this [book] is about.
- Peter: I think her clothes are going to blend into the stuff.
- Dave: You think her clothes are going to blend into this [places index finger on Irene’s blouse and then on bushes behind her]. Okay.
- Sam: I think she likes to blend in with the trees and the pads on the floor.
- Dave: Looks like she likes to blend in with the trees [places index finger on Irene’s blouse and then on bushes behind her] and you said the pads on the floor [places index finger on Irene’s skirt and on the floor where Irene is standing] Okay
- Sara: I think she does that too because her shirt ((4a)) matches the bushes [points to picture with index finger from a distance] ((4b)) and her skirt matches the pad [points to picture with index finger from a distance]
- Dave: [places index finger on parts of pictures as above student is pointing to them from a distance] Good observation.
- David: Her hair matches the trees on the book.
- Dave: [places index finger on Irene’s hair and then on trees behind her] Good observation as well.



Dave and the students repeatedly pointed with their fingers (physical indexes) to visually accessible pictorial representations (icons) to identify the position or location of characters and articulate resemblance in color and pattern between Irene and different backgrounds. Put differently, spatial relations and similarity in physical appearance were co-constructed through co-deployment of physical indexes and icons. While Dave was holding the book and was able to place his finger on the actual pictorial representations, his students were sitting on the floor and had to point from a distance, thus limiting their ability to effectively deploy the gestural mode of communication. To help his students, Dave often placed his own finger on the specific parts of the pictorial representations that students were pointing to from a distance.

As a consequence of such use of deictic gestures, the concept of camouflage was spatialized in terms of a *Gestalt structure* (Johnson 1987), that is, a visual field with a reduced foreground/background contrast. More specifically, figure-and-ground relations were multimodally construed by emphasizing how the spatial location of an object (the character Irene) in the foreground of pictorial representation 4 produced similarity in colors and patterns with elements in the background. Such practice is consistent with the notion of *metaphorical structuring* (Boroditsky 2000) wherein an abstract domain, in this case camouflage, is representationally mapped onto the more concrete and experiential domain of space.

Comparisons Across Read-Alouds

Across the science read-alouds, multimodal semiosis was predominantly in the form of descriptive pointing to conceptual pictures for the purpose of literal visualization (Table 3). Put differently, science read-aloud semiosis was mostly limited to indexical symbolism (descriptive talk and pointing) for illustrative purposes. Locating objects in the pictorial landscape or immediate classroom served merely to visually illustrate concepts being referred to. The only noticeable exception was Morgan who also resorted to iconic symbolism (explanatory talk and gesticulation) for the purpose of metaphorical visualization. In addition to being nonliteral, this alternative form of meaning-making stood out as being more abstract and cognitively more complex than descriptive pointing. Rather than simply illustrating the functioning of a diffracting prism or the human eye, Morgan’s gestural representation provided students with *visual metaphors* that helped them make sense of these dynamic processes

Table 3 Multimodal semiosis across read-alouds

Teacher name	Modalities			Semiotic dimensions	Pedagogical function
	Pictures	Gesture	Utterance		
Melissa	Conceptual	Pointing	Description	Symbolic, indexical	Literal visualization of shape regularity in crystals.
Morgan	Conceptual	Pointing	Description	Symbolic, indexical	Literal visualization of the structure of physical and biological systems (a refracting prism and human eye).
	Conceptual	Representation	Explanation	Symbolic iconic	Metaphorical visualization of functioning of physical and biological systems (light refraction and human eye).
Dave	Narrative	Pointing	Description	Symbolic, indexical	Literal visualization of camouflage.

Res Sci Educ (2014) 44:651–673

665

analogically. Such practice is consistent with the notion of model-based science teaching centered on analog-target meaning-making (Gilbert and Iretton 2003; Glynn 2008). In this pedagogical approach, an analog (simple and familiar) that shares certain features with a target concept (complex and unfamiliar) serves as a representation or model and is used as a pedagogical device for simplifying and explaining complex scientific phenomena and guiding students. Likewise, Morgan's iconic gesticulation served as a dynamic and concrete model or analogue for light refraction and eye physiology.

Another semiotic practice that stood out as being unique to the sample of teachers was Dave's use of pictorial representations with a narrative structure. Like narrative texts (Schulman 1992), narrative pictures provide readers with spatiotemporally specific stories. The action being visually narrated in these pictures has an internal spatiotemporal orientation or directionality that can be graphically captured through the drawing of an *imaginary visual vector* emanating from an Actor to a Goal (Kress and van Leeuwen 2006). Because the pictorial landscape of narrative images is spatiotemporally structured and directional, the visual message can be usually interpreted with relative ease. This was evident in Dave's read-aloud wherein multimodal semiosis excluded provision of spatiotemporal orientations such as left–right or top–bottom (i.e., Dave's semiotic deployments were not designed to spatiotemporally orient students' reading of Irene's actions).

On the other hand, Melissa and Morgan's multimodal semiosis of conceptual pictures invariably included provision of spatiotemporal specifications such as clockwise, top–bottom, and left–right through semiotic means such as sequenced gesticulation and description. By providing spatiotemporal specifications, teachers showed students how to 'read' or make sense of these more abstract pictorial representations. As noted by Kress and van Leeuwen (2006), conceptual images are visual representations of ways of being (as opposed to ways of acting). Characterized by a reduced degree of realism (e.g., solid backgrounds that lacked details), these images provide generalized and decontextualized visual accounts of reality (the way the world is). This is precisely the type of pictorial representation that Melissa and Morgan used in their science read-alouds. These two teachers provided students with a multimodal structure for 'reading' pictures and diagrams that lacked spatiotemporal specifications. Unlike Dave, Melissa, and Morgan deployed semiotic resources designed specifically to spatiotemporally orient students' reading of pictorial representations.

## Discussion

The above findings show that science read-aloud semiosis extends beyond text delivery. In addition to making a written text orally available to students, teachers also deploy different types of gestures (pointing and gestural representation) and pictorial representations (narrative and conceptual) as they seek to scaffold students' understanding of the science ideas under deliberation. These multiple semiotic modalities of science read-aloud communication are now considered in light of empirical evidence and theoretical arguments drawn from the scholarly fields of reading and science education.

### Beyond Symbolism and Monomodality

As indicated above, previous research on science read-alouds has been largely limited to teachers' choices of texts for science read-alouds (Jacobs, Morrison, and Swinyard 2000; Saul and Dieckman 2005). The present study extends the existing literature beyond symbolism and monomodality by providing evidence that teacher–student meaning-making during science

read-alouds in fact entails complex processes of multimodal semiosis in which symbolism is combined with iconicity and indexicality through co-deployment and integration of symbolic, iconic, and indexical resources. More specifically, teacher–student discussions about pictorial representations encompassed two distinct types of multimodal meaning-making. The first one was *multimodal description*, a type of semiosis wherein teachers and students combined descriptive symbolism with indexical gesturing as they pinpointed and verbalized iconically depicted similarities or regularities in physical appearance (hexagonal shape and matching colors). The second type was *multimodal explanation*, a semiotic process in which teachers and students integrated explanatory symbolism and iconic gesturing as they sought to explain the inner working or functioning of biological and physical systems (the human eye and light refraction).

It is important to note that these two alternative types of multimodal semiosis implicitly convey distinct *views of the nature of science* (Clough 2006; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, and Schwartz 2002). In other words, multimodal description and explanation communicate distinct messages about what science is, how the scientific endeavor or enterprise works, and how scientific knowledge is constructed. As performed by Melissa and Dave, multimodal description conveyed a naïve realistic view of scientific activity. This problematic view of nature of science has been shown to be pervasive among young students who often misconceive of scientific ideas as ‘faithful copies of nature’; absolute proof and facts simply exist and can be found by ‘just looking’ rather than tentative interpretation of available evidence (Driver et al. 1996). As Lemke (1990) writes, “it [naïve realism] conveniently ignores that people always have to decide that something will count as evidence for something else (p. 142).” Likewise, Melissa and Dave’s multimodally described camouflage and regular crystalline structure as simply existing. Both concepts could be simply looked at rather than tentatively inferred from the available pictorial evidence.

By contrast, the high proportion of relational processes (Halliday 1985) in Morgan’s multimodal explanations presented a more sophisticated epistemological picture of science as an inferential system of relationships between objects or entities. Rather than simply looking at existential proof, light refraction, and human vision were accounted for through gestural modeling that allowed Morgan and students to spatiotemporally and metaphorically interpret the pictorial evidence available. The underlying epistemological message was that science was both inferential and based on evidence, which many science educators identify as two important aspects of nature of science (Abd-El-Khalick, Waters, and Le 2008).

#### Spatial Aspects of Multimodality

Our results show that indexical gesturing constitutes an important spatial aspect of multimodal semiosis during science read-alouds. As described above, participating teachers invariably used their index fingers to locate the physical position of objects and characters on pictorial representations under deliberation. However, Morgan took one step further and also deployed indexical gesturing metaphorically to structure optical causation spatiotemporally. Her metaphorical manipulations of light created visual vectors that ‘pointed to’ cause-and-effect sequences of events progressing spatially from left to right, thus attaching a degree of horizontal directionality to optical causality.

These gestural practices served to promote student *visual literacy* during science read-alouds. As emphasized by Vasquez, Comer, and Troutman (2010) visual literacy entails a set of cognitive skills such as (1) pausing to see what details a visual image contains (i.e., to make careful observations and inferences); (2) scanning for essential bits of visual information; (3) knowing how to navigate the picture; (4) understanding the image’s purpose and relationship

with accompanying texts; (5) recognizing the images' importance and significance; (6) analyzing and reflecting about the visual message being conveyed; and (7) deriving interpretative meanings. By resorting to the gestural modality, participating teachers provided students with guidance about how to 'read' specific types of visuals. For instance, Melissa taught her students to visually verify factual information in science texts through careful inspection of accompanying photographs. Similarly, Morgan taught her children how to use gestural modeling as means to interpret more analytical diagrams with more challenging and potentially confusing illustrative techniques such as labels, arrows, and cutaway views (images that reveal 'hidden' things that cannot usually be seen such as organs inside the human body). And, Dave showed his students how use their index finger as a *visual highlight* (Goodwin 1994), that is, a sort of semiotic 'color marker' to make relevant features that are difficult to see more visible and prominent and structure a pictorial landscape into a salient figure and background. Through strategic deployment of these varied gestural practices, teachers sought to foster children's visual literacy (i.e., the ability to critically interpret pictorial representations).

The above finding also extends previous theoretical work by Lakoff (1986) who suggests that verbal indexicality (the communicative act of pointing out with words such as *there* and *here*) is not limited to the physical world by identifying multiple categories of the verbal index 'there,' including the deictic *there* (e.g., the prism is right there on the table), the existential *there* (e.g., there are prisms in this lab), the discursive *there* (e.g., there you go, now you know what refraction is), and the perceptual *there* (e.g., there goes the light) etc. Put differently, English speakers also use verbal indexes to 'point to' abstract, metaphorical, and imaginary entities such as ideas located in the non-physical worlds of discourse, cognition, and perception. Likewise, in the context of science read-alouds, physical indexes are not limited to the physical or real space, also being used for 'nonliteral' pointing in imaginary or metaphorical spaces.

As indicated above, Morgan deployed iconic gestures metaphorically, using her fingers and hands to make shapes and movements that resembled different amounts of light 'being captured' by round human retinas of different sizes. She metaphorically structured the capture of light by human retina (an abstract experience involving an intangible entity) as the actual grabbing of a physical object by human hands (a concrete experience involving a tangible entity that students could more easily relate to and visualize). Such iconic gesturing supports the notion that metaphors allow for expansion of human conceptualization (Lakoff and Johnson 1980). As McNeill (2005) writes, "metaphoricity in gesture is important for extending the process of an imagery-language dialectic to abstract meanings that lack imagery of their own. The gestures provide imagery for the un-imageable (p. 45)." From this perspective, Morgan's iconic gesturing provided an image of light capture that her young students were likely to lack.

The above finding makes an important contribution to a growing research base showing that science teachers in varied grade levels often use analogies and metaphors to explain science concepts to their students (Glynn 2008; Treagust, Harrison, and Venville 1998). However, this literature has been limited to spoken symbolism, focusing exclusively on the pedagogical functions of verbal analogies and metaphors in teacher oral discourse. The present study extends this existing research beyond the spoken modality by underscoring that science teachers also deploy visual metaphors.

#### Pictorial Iconicity

Our findings also provide evidence of the importance of pictorial representations as iconic resources for scientific meaning-making. Put differently, pictorial representations in children's

science books do more than simply engage students during science read-alouds as they also serve as an important source of iconic deployments that teachers and students can strategically draw upon in order to conduct scientific multimodal semiosis. Such findings can be used to help teachers make more informed science book selections which have been shown to be largely based on pictorial aesthetics and entertainment value—teachers simply look for science trade books with engaging pictures (Atkinson, Matusevich, and Huber 2009; Rearden and Broemmel 2008). Therefore, having a more sophisticated understanding of the process of scientific multimodal semiosis around pictorial representations can help teachers improve their decision-making process by encouraging them to base their book selections for science read-alouds on the semiotic value rather than the entertainment value of pictorial representations in children's science literature.

The present study also makes an important contribution to the science education literature by extending the currently available body of research on student learning through pictorial representations beyond textbook *inscriptions* (Latour and Woolgar 1986). As indicated earlier, a growing number of studies in the field of science education have recently revealed that students often have difficulty interpreting diagrams typically found in textbooks (Ametller and Pinto 2002; Colin et al. 2002; Stylianidou et al. 2002). However, in its current state, this research largely overlooks pictorial diversity in school science. As evidenced by our findings, rather than being limited to inscriptions, elementary science instruction actually relies on a wide variety of pictorial representations such as photographic images, drawings, and even fictional cartoons. Therefore, more attention needs to be paid to how these other forms of pictorial representations mediate science learning.

### Limitation and Future Research

There is growing recognition among scholars of the cognitive importance of nonverbal semiotic modes. Like speech, the gestural and pictorial modalities provide an effective means for speakers to externalize mental images, thought, and mind operations (McNeill 1992, 2005). Farnell and Varela (2008) take one step further and argue that “bodily action [is] at the heart of our being-in the world rather than merely a means to mental representations of the world (p. 223).” Put differently, multi-sensorial bodily activity allows us not only to semiotically represent the world but also somatically (i.e., corporeally) explore it. Such an argument is particularly compelling in light of research showing that gestures are pervasively used in cell phone conversations (Wei 2006) and interactions between sighted and blind people (Iverson & Goldin-Meadow 1997; 1998). In such situations, rather than helping listeners understand the message being communicated (by providing additional layers of representation and filling gaps in semiotic expression), gesturing is said to benefit speakers themselves by providing them with a ‘thinking tool,’ a device for reducing cognitive load and retrieving information from memory (Wei 2006). Similarly, in the specific context of science read-alouds, multimodality is likely to serve not only interpersonal communicative functions but also intrapersonal cognitive ones (i.e., a potential source of personal insight and developed conceptions about the natural world). While the former was examined in the present and previous studies of multimodal teacher performance of science concepts (Pozzer-Ardenghi and Roth 2007; Roth and Pozzer-Ardenghi 2006), the latter will need to be given further analytical consideration in future research. Such investigative endeavor will likely benefit from the adoption of what Farnell and Varela (2008) call a “paradigm of dynamic embodiment.” Centered on the notion of *action signs* (Farnell 1999), a “paradigm of dynamic embodiment” emphasizes that human activity is best conceived as involving the whole person (with a signifying body) rather than just a disembodied and disconnected mind.

Our study also has important methodological limitations such as the size and scope of our dataset, which included only three elementary teachers. Our largely descriptive and exploratory analysis of such a limited dataset does not provide us with an empirical basis for making more generalized statements about the appropriateness and effectiveness of certain types of gestures or pictorial representation for multimodal semiosis. A second methodological shortcoming was our collection of video data with a degree of bias toward the teacher. The relatively reduced attention given to students was due to our human subject protocol which required us to avoid video-recording children's faces. While we were still able to give analytical consideration to student modalities such as spoken language and finger pointing, future research will need to further explore children's contributions to multimodal semiosis.

Another important limitation was the unavailability of data on student learning outcomes which prevented us from directly assessing the impact of teacher–student multimodal semiosis on students' understandings or exploring potential links between particular semiotic practices and students' comprehension. This limitation is particularly important in light of recent evidence of language's potential to shape habitual thought. Recent studies have shown that ways of speaking about time (e.g., as unfolding horizontally or vertically) influences ways of conceptualizing or thinking about time, leading to biased cognitive tendencies (Gentner, Imai, and Boroditsky 2002; Williams 2012). As Boroditsky (2001) writes:

Languages force us to attend to certain aspects of our experience by making them grammatically obligatory. Therefore, speakers of different languages may be biased to attend and encode different aspects of their experience while speaking (p. 2)

This research points to the possibility of elementary students also developing biased cognitive tendencies as a result of their continued exposure to particular types of non-verbal communication (e.g., how their teachers spatialize time through gestures). Such a possibility remains to be explored in future research and can be pursued by asking students, subsequent to their participation in similar meaning-making activities, to retell information books (Donovan and Smolkin 2001), (re)draw pictorial representations previously encountered, or retrieve information from pictorial representations (Peacock and Weedon 2002).

Another potentially productive area for future research is teachers' use of distinct types of gestures during meaning-making around different types of pictorial representations. Recent studies have shown that iconic gesturing can help make abstract science concepts such as tectonic plate movements more concrete to students (Singer et al. 2008) and that pictorial representations with different levels of abstraction or realism (e.g., photographs and drawings) can engender varied levels of conceptual learning and understanding (Law and Lynch 1990; Noh and Scharmann 1997). Therefore, it might be fruitful in the future to examine gestural differences in meaning-making around abstract versus realistic pictorial representations.

Despite the above limitations, we believe that our study has important implications for elementary science educators in light of recent education reform efforts such as the *Common Core State Standards* (NGA Center CCSSO 2010). Positioned as an addition to the existing content knowledge standards in the US, the CCSS emphasize literacy across subject areas in the elementary grades, including a non-fictional reading and writing component for science in elementary education. As a result, elementary teachers are increasingly faced with the challenge of integrating non-fictional literacy skills into their science teaching practices. Helping elementary teachers cope with this new challenge is precisely the main implication of the present study. By providing an improved understanding of how to systematically go beyond mere text delivery when

planning and performing science read-alouds, the present study places elementary teachers in a better position to meet the CCSS science literacy requirements.

In conclusion, it is very important that elementary science educators systematically incorporate multimodality into aloud reading practices. The conceptual framework proposed in this study, we believe, can assist elementary science educators in achieving this goal by encouraging them to adopt pedagogical practices informed by current theories of communication and empirical research findings. It is our hope that the reported findings and suggested venues for further research can help improve elementary teachers' ability to read science to children by providing them with guidance on how to systematically extend their aloud reading practices beyond monomodal text delivery.

## Appendix A

### Transcription Conventions

The following notation is adopted in all transcripts excerpts included in the present manuscript:

- ? indicates rising intonations
- . indicates falling intonations
- CAPS indicates stress
- [] indicates observer comments
- (( )) indicates picture provided
- underlining indicates key linguistic features of the provided excerpts

## References

- Abd-El-Khalick, F., Waters, M., & Le, A. (2008). Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 835–855.
- Acher, A., & Arcà, M. (2009). Children's representations in modeling scientific knowledge construction. In C. Andersen, N. Scheuer, M. Perez-Echeverria, & E. Teubal (Eds.), *Representational systems and practices as learning tools*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Albright, L. K. (2002). Bringing the ice maiden to life: engaging adolescents in learning through picture book read-alouds in content areas. *Journal of Adolescent and Adult Literacy*, 45, 418–428.
- Alibali, M. W., & Nathan, M. J. (2012). Embodiment in mathematics teaching and learning: evidence from learners' and teachers' gestures. *The Journal of the Learning Sciences*, 21, 247–286.
- Alvermann, D. E., & Phelps, S. F. (1998). *Content reading and literacy* (2nd ed.). Boston, MA: Allyn and Bacon.
- Ametller, J., & Pinto, R. (2002). Students' reading of innovative images of energy at secondary school level. *International Journal of Science Education*, 24, 285–312.
- Andersen, C., Scheuer, N., Perez-Echeverria, M. P., & Teubal, E. V. (2009). *Representational systems and practices as learning tools*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Atkinson, T. S., Matusevich, M. N., & Huber, L. (2009). Making science trade book choices for elementary classrooms. *The Reading Teacher*, 62, 484–497.
- Bean, T. W., Searles, D., Singer, H., & Cowen, S. (1990). Learning concepts from biology text through pictorial analogies and analogical study guide. *Journal of Educational Research*, 83, 233–237.
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (2003). *Qualitative research for education: An introduction to theory and methods* (4th ed.). Boston, MA: Allyn and Bacon.
- Boroditsky, L. (2000). Metaphoric structuring: understanding time through spatial metaphors. *Cognition*, 75, 1–28.
- Boroditsky, L. (2001). Does language shape thought? Mandarin and English speakers' conceptions of time. *Cognitive Psychology*, 43, 1–22.
- Boroditsky, L., & Ramscar, M. (2002). The roles of body and mind in abstract thought. *Psychological Science*, 13, 185–189.

Res Sci Educ (2014) 44:651–673

671

- Carroll, J. M., & Mack, R. L. (1999). Metaphor, computing systems, and active learning. *International Journal of Human-Computer Studies*, 51, 385–403.
- Catley, K. F., Novick, L. R., & Shade, C. K. (2010). Interpreting evolutionary diagrams: when topology and process conflict. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 861–882.
- Clough, M. P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education*, 15, 463–494.
- Colin, P., Chauvet, F., & Viennot, L. (2002). Reading images in optics: students' difficulties and teachers' views. *International Journal of Science Education*, 24, 313–332.
- Creswell, J. W. (2003). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Crowder, E. M. (1996). Gestures at work in sense-making science talk. *The Journal of the Learning Sciences*, 5, 173–208.
- Donovan, C. A., & Smolkin, L. B. (2001). Genre and other factors influencing teachers' book selections for science instruction. *Reading Research Quarterly*, 36, 412–440.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Philadelphia, PA: Open University Press.
- Eisenhart, M., & Howe, K. (1992). Validity in educational research. In M. LeCompte, W. Millroy, & J. Preissle (Eds.), *The handbook of qualitative research in education* (pp. 642–680). San Diego: Academic Press.
- Erickson, F. (1996). Ethnographic microanalysis. In S. L. McKay & N. H. Hornberger (Eds.), *Sociolinguistics and language teaching* (pp. 283–306). New York: Cambridge University Press.
- Farnell, B. (1999). Moving bodies, acting selves. *Annual Review of Anthropology*, 28, 341–373.
- Farnell, B., & Varela, C. R. (2008). The second somatic revolution. *Journal for the Theory of Social Behavior*, 38, 215–240.
- Fisher, D., Frey, N., & Lapp, D. (2008). Shared readings: modeling comprehension, vocabulary, text structures, and text features for older readers. *The Reading Teacher*, 61, 548–556.
- Ford, D. J. (2006). Representations of science within children's trade books. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 214–235.
- Gentner, D., Imai, M., & Boroditsky, L. (2002). As time goes by: evidence for two systems in processing space→time metaphors. *Language and Cognitive Processes*, 17, 537–565.
- Ghiso, M. P., & McGuire, C. E. (2007). "I talk them through it" Teacher mediation of picturebooks with sparse verbal text during whole-class readalouds. *Reading Research and Instruction*, 46, 341–361.
- Gilbert, S. W., & Iretton, S. W. (2003). *Understanding models in earth and space science*. Arlington, VA: NSTA press.
- Givry, D., & Roth, W. M. (2006). Toward a new conception of conceptions: interplay of talk, gestures, and structures in the setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 1086–1109.
- Glynn, S. M. (2008). Making science concepts meaningful to students: Teaching with analogies. In S. Mikelskis-Seifert, U. Ringelband, & M. Bruckmann (Eds.), *Four decades of research in science education: from curriculum development to quality improvement* (pp. 112–125). Munster, Germany: Waxmann.
- Goodwin, C. (1994). Professional vision. *American Anthropologist*, 96, 606–633.
- Halliday, M. A. K. (1985). *An introduction to functional grammar*. London: Edward Arnold.
- Hanauer, D. I. (2006). *Scientific discourse: Multiliteracy in the classroom*. New York: Continuum.
- Heisey, N., & Kucan, L. (2010). Introducing science concepts to primary students through read-alouds: interactions and multiple texts make the difference. *The Reading Teacher*, 63, 666–676.
- Iverson, J. M., & Goldin-Meadow, S. (1997). What's communication got to do with it? Gesture in children blind from birth. *Developmental Psychology*, 33, 453–467.
- Iverson, J. M., & Goldin-Meadow, S. (1998). Why people gesture when they speak. *Nature*, 396, 228.
- Jacobs, J. S., Morrison, T. G., & Swinyard, W. R. (2000). Reading aloud to students: a national probability study of classroom reading practices of elementary school teachers. *Reading Psychology*, 21, 171–193.
- Jewitt, C. (2008). Multimodality and literacy in school classrooms. *Review of Research in Education*, 32, 241–267.
- Johnson, M. (1987). *The body in the mind: The bodily basis of meaning, imagination, and reason*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Keogh, B., & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. *International Journal of Science Education*, 21, 431–446.
- Kletzien, S. B., & Dreher, M. J. (2004). *Informational text in K-3 classrooms: Helping children read and write* (pp. 45–54). Newark, DE: International Reading Association.
- Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13, 205–226.
- Kress, G., & van Leeuwen, T. (2006). *Reading images: The grammar of visual design* (2nd ed.). New York, NY: Routledge.
- Kress, G., Ogborn, J., & Martins, I. (1998). A satellite view of language: some lessons from science classrooms. *Language Awareness*, 7, 69–89.

- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J., & Tsatsarelis, C. H. (2001). *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*. London: Continuum.
- Lakoff, G. (1986). *Women, fire, and dangerous things*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago: University of Chicago Press.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1986). *Laboratory life: The social construction of scientific facts* (2nd ed.). Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Law, J., & Lynch, M. (1990). Lists, field guides, and the descriptive organization of seeing: Bird watching as an exemplary observational activity. In M. Lynch & S. Woolgar (Eds.), *Representation in scientific practice*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lawrence, J. F., & Snow, C. E. (2010). Oral discourse and reading. In M. L. Kamil, P. D. Pearson, E. B. Moje, & P. Afflerbach (Eds.), *Handbook of reading research* (Vol. IV, pp. 320–338). New York, NY: Routledge.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. (2002). Views of science questionnaire (VNOS): toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497–521.
- Lenke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning and values*. Norwood, NJ: Ablex.
- Lenke, J. L. (1998). Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text. In J. R. Martin & R. Veel (Eds.), *Reading Science* (pp. 87–113). London: Routledge.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- Maki, C., & Sekido, I. (1993). *Snowflakes, sugar and salt: Crystals up close*. Minneapolis, MN: Lerner Publications Company.
- Marquez, C., Izquierdo, M., & Espinet, M. (2006). Multimodal science teachers' discourse in modeling the water cycle. *Science Education*, 90, 202–226.
- McNeill, D. (1992). *Hand and mind: What gestures reveal about thought*. Chicago: University of Chicago Press.
- McNeill, D. (2005). *Gesture and thought*. Chicago: University of Chicago Press.
- National Governors Association Center for Best Practices, Council of Chief State School Officers (NGA Center CESSO) (2010). *Common core state standards*. Retrieved on March 13<sup>th</sup> from <http://www.corestandards.org/the-standards>.
- Noh, T., & Schamann, L. C. (1997). Instructional influence of a molecular-level pictorial presentation of matter on students' conceptions and problem-solving ability. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 199–217.
- Olien, B. (2003). *Light*. Mankato, MN: Bridgestone Books.
- Oliveira, A. W., Colak, H., & Akerson, V. L. (2009). "Who polluted the Potomac?" The translation and implementation of a US environmental story in Brazilian and Turkish classrooms. *Cultural Studies of Science Education*, 4, 89–132.
- Pappas, C. C., Varelas, M., Barry, A., & Rife, A. (2002). Dialogic inquiry around information texts: the role of intertextuality in constructing scientific understandings in urban primary classrooms. *Linguistics and Education*, 13, 435–482.
- Pappas, C. C., Varelas, M., Barry, A., & Rife, A. (2004). Promoting dialogic inquiry in information book read-alouds: Young urban children's ways of making sense. In E. W. Saul (Ed.), *Crossing borders in literacy and science instruction* (pp. 161–189). Arlington, VA: NSTA Press.
- Peacock, A., & Weedon, H. (2002). Children working with text in science: disparities with 'literacy hour' practice. *Research in Science and Technological Education*, 20, 185–197.
- Pierce, C. S. (1955). Logic as semiotic. In J. Buchler (Ed.), *Philosophical writings of Pierce* (pp. 98–119). New York: Dover.
- Pozzer, L. L., & Roth, W. M. (2003). Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 1089–1114.
- Pozzer-Ardenghi, L., & Roth, W.-M. (2005a). Photographs in lectures: gestures as meaning-making resources. *Linguistics and Education*, 15, 275–293.
- Pozzer-Ardenghi, L., & Roth, W.-M. (2005b). Making sense of photographs. *Science Education*, 89, 219–241.
- Pozzer-Ardenghi, L., & Roth, W.-M. (2007). On performing concepts during science lectures. *Science Education*, 91, 96–114.
- Putnam, H. (1996). The meaning of "meaning". In A. Pessin & S. Goldberg (Eds.), *The twin earth chronicles: Twenty years of reflection on Hilary Putnam's "The meaning of meaning"* (pp. 3–52). London: M.E. Sharpe.
- Rearden, K. T., & Broemmel, A. D. (2008). Beyond the talking groundhogs: trends in science trade books. *Journal of Elementary Science Education*, 20, 39–49.
- Robson, C. (2002). *Real world research* (2nd ed.). United Kingdom: Blackwell Publishing.
- Roth, W. M., & Pozzer-Ardenghi, L. (2006). Tracking situated, distributed, and embodied communication in real time. In M. A. Vanchevsky (Ed.), *Focus on cognitive psychology research* (pp. 237–261). Hauppauge, NY: Nova Science.

Res Sci Educ (2014) 44:651–673

673

- Saul, E. W., & Dieckman, D. (2005). Choosing and using information trade books. *Reading Research Quarterly*, 40, 502–513.
- Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13, 141–156.
- Schulman, J. H. (1992). Toward a pedagogy of cases. In J. Schulman (Ed.), *Case methods in teacher education* (pp. 1–30). New York: Teacher College Press.
- Singer, M., Radinsky, J., & Goldman, S. (2008). The role of gesture in meaning construction. *Discourse Processes*, 45, 365–386.
- Skinner, D., & Smath, J. (2003). *Almost invisible Irene*. New York: Kane Press.
- Stylianidou, F., Omerod, F., & Ogborn, J. (2002). Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' reading of them. *International Journal of Science Education*, 24, 257–283.
- Treagust, D. F., Harrison, A. G., & Venville, G. J. (1998). Teaching science effectively with analogies: an approach for preservice and inservice teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 9(2), 85–101.
- Vasquez, J., Comer, M., & Troutman, F. (2010). *Developing visual literacy in science, K-8*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57, 51–67.
- Watkins, J. K., Miller, E., & Brubaker, D. (2004). The role of visual image: what are students really learning from pictorial representations? *Journal of Visual Literacy*, 24, 23–40.
- Wei, C. Y. (2006). Not crazy, just talking on the mobile phone: gestures and mobile phone conversations. In *Proceedings of the 2006 International Professional Communication Conference* (pp. 299–307). Piscataway, NJ: IEEE.
- Wertsch, J. V., & Hickman, M. (1987). Problem solving in social interaction: A microgenetic analysis. In M. Hickman (Ed.), *Social and functional approaches to language and thought* (pp. 251–266). New York: Academic Press.
- Whorf, B. L. (1956). The relation of habitual thought and behavior to language. In J. B. Carroll (Ed.), *Language, thought and reality: Selected writings of Benjamin Lee Whorf* (pp. 134–159). Cambridge, MA: MIT Press.
- Wilkinson, I., & Son, E. H. (2010). A dialogic turn in research on learning and teaching to comprehend. In M. L. Kamil, P. D. Pearson, E. B. Moje, & P. Afflerbach (Eds.), *Handbook of reading research* (IV, pp. 359–387). New York, NY: Routledge.
- Williams, R. F. (2012). Image schemas in clock-reading: latent errors and emerging expertise. *The Journal of the Learning Sciences*, 21, 216–246.
- Zucker, T. A., Ward, A. E., & Justice, L. M. (2009). Print referencing during read-alouds: a technique for increasing emergent readers' print knowledge. *The Reading Teacher*, 63, 62–72.